

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**PARAMETRIZAÇÃO E VALIDAÇÃO DO CICLO DO CARBONO E DO
NITROGÊNIO DO MODELO CENTURY 4.5 COM EXPERIMENTOS DE
LONGA DURAÇÃO EM UM ARGISSOLO DO SUL DO BRASIL**

Mirla Andrade Weber
(Tese)

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**PARAMETRIZAÇÃO E VALIDAÇÃO DO CICLO DO CARBONO E DO
NITROGÊNIO DO MODELO CENTURY 4.5 COM EXPERIMENTOS DE
LONGA DURAÇÃO EM UM ARGISSOLO DO SUL DO BRASIL**

MIRLA ANDRADE WEBER
Engenheira-Agrônoma (UFSM)
Mestre em Ciência do Solo (UFRGS)

Tese apresentada como
um dos requisitos à obtenção do
Grau de Doutor em Ciência do Solo

Porto Alegre (RS) Brasil
Dezembro de 2010

PÁGINA DE HOMOLOGAÇÃO

Dedico este trabalho aos meus pais, Antonio e Maria Elena, meus irmãos, Andrécio e Andrigo, e a todos aqueles que contribuíram na minha jornada de busca ao conhecimento.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre me proteger e iluminar.

À minha família, pelo amor, apoio e compreensão.

Ao Michael, pelo amor e carinho.

Ao professor João Mielniczuk, primeiramente, pelo exemplo de ser humano a ser seguido, pela orientação e amizade.

A todos os meus professores, desde a primeira série do Ensino Fundamental na Escola Municipal Ambrósio Neto em São Gabriel até o curso de Doutorado na Universidade Federal do Rio Grande do Sul em Porto Alegre, pelos conhecimentos passados a mim.

À Universidade Federal de Santa Maria, pela formação em Agronomia.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela formação em Ciência do Solo.

Aos funcionários do Departamento de Solos e do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela amizade e ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos e colegas, pelo companheirismo.

Ao CNPq, pela bolsa de doutorado.

PARAMETRIZAÇÃO E VALIDAÇÃO DO CICLO DO CARBONO E DO NITROGÊNIO DO MODELO CENTURY 4.5 COM EXPERIMENTOS DE LONGA DURAÇÃO EM UM ARGISSOLO DO SUL DO BRASIL^{1/}

Autor: Mirla Andrade Weber

Orientador: Prof. João Mielniczuk

RESUMO

O modelo Century simula a dinâmica da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo. O objetivo deste trabalho foi parametrizar e validar o modelo Century 4.5 em um Argissolo do RS. Foram utilizados estoques de C e de N observados em diferentes sistemas de culturas e preparos de solo de dois experimentos de longa duração instalados na década de 80 em um Argissolo Vermelho distrófico típico que se encontrava degradado pelo preparo convencional do solo. Para a parametrização foram utilizados os tratamentos em plantio direto aveia/milho com N e aveia+vica/milho sem e com N e em preparo convencional aveia/milho com N. Esta etapa consistiu na modificação de parâmetros de culturas, de cultivos e fixos do modelo buscando coincidir as adições de C pelas culturas e os estoques de C e de N simulados aos observados nos experimentos. O parâmetro fixo do modelo DEC4, que representa a máxima taxa de decomposição do compartimento passivo, foi alterado de 0,0045 a 0,0057. O VARAT2(1,1), máxima relação C/N do material que entra no compartimento lento, foi alterado de 20 para 25 e o VARAT3(1,1), máxima relação C/N do material que entra no compartimento passivo, de 8 para 15,6. O parâmetro de cultivo CLTEFF utilizado em plantio direto foi de 1,1 e em preparo convencional foi de 2,0. Além disso, em preparo convencional foi utilizado o efeito adicional de cultivo no mês seguinte ao do preparo. A validação consistiu na simulação pelo modelo com as alterações realizadas dos demais sistemas de manejo (em plantio direto aveia/milho sem e com N, aveia+vica/milho+caupi sem e com N, lablabe+milho sem N e guandu+milho sem N e em preparo convencional aveia/milho sem N, aveia+vica/milho+caupi sem e com N). A acurácia das simulações foi avaliada pela análise estatística do LOFIT e RQEM, sendo que as análises não acusaram diferença estatística entre os estoques de C e de N simulados e observados. O modelo conseguiu simular a variação nos estoques de C e de N nos diferentes sistemas de cultura e de preparo do solo, estando essa variação associada à adição de C pelas culturas. Em sistema plantio direto, à exceção do aveia+milho sem N, houve acréscimo nos estoques. Já em preparo convencional houve decréscimo no aveia+milho sem e com N e leve aumento com posterior tendência de manutenção no aveia+vica/milho+caupi. O modelo com as modificações realizadas foi validado para as condições edafoclimáticas do estudo.

^{1/} Tese de Doutorado em Ciência do Solo. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. (152 p.) Dezembro, 2010. Trabalho realizado com apoio financeiro do CNPq.

**CENTURY 4.5 CARBON AND NITROGEN CYCLE MODEL
PARAMETRIZATION AND VALIDATION WITH LONG-TERM EXPERIMENTS
IN AN ACRISOL IN THE SOUTH OF BRAZIL ^{1/}**

Author: Mirla Andrade Weber
Adviser: Prof. João Mielniczuk

ABSTRACT

Century model can simulate soil organic matter dynamics under several soil management systems. The objective of this work was to parameterize and validate the model in an Acrisol in Rio Grande do Sul State, Brazil. Observed soil organic C and N stocks under several crop and tillage systems from two long-term experiments set up in the 80's were used. The parameterization was performed using the no-tillage treatments of oat/maize with N, oat+vetch/maize without and with N and oat/maize with N under plowing tillage. This step consisted in modifications of crop, cultivation and fixed parameters of the model to match simulated crop C addition, soil carbon and nitrogen stocks with experimentally observed values. The fixed parameter DEC4, the maximum decomposition rate of soil organic matter with slow turnover, was altered from 0,0045 to 0,0057. The VARAT2(1,1), maximum C/N ratio for material entering in slow pool, was altered from 20 to 25 and VARAT3(1,1), maximum C/N ratio for material entering in passive pool, was altered from 8 to 15,6. The cultivation parameter CLTEFF used in no-tillage was 1,1 and in plowing tillage was 2,0. Moreover, in plowing tillage an "enhanced cultivation effect" was included for one month after the plowing event. The validation of the Model with modified parameters were performed using other treatments of the same experiments: under no tillage (oat/maize without and with N, oat+vetch/maize+cowpea without and with N, lablab+maize without N and pigeon pea+maize without N) and under plowing tillage (oat/maize without N and oat+vetch/maize+cowpea without and with N). The accuracy of the simulations was evaluated by LOFIT and RMSE statistical analyses and they didn't show statistical difference between simulated and observed soil C and N stocks. The model, after local parameterization, adequately simulates the variation in soil C and N stocks under different crop and tillage systems. Variation of this elements in soil was highly related to C addition by crops. Under no-tillage, except oat/maize without N, all treatments promoted increase in their stocks. Plowing tillage promoted decrease in soil stocks under oat/maize, but under oat+vetch/maize+cowpea there was a little increase, with a tendency to reach constant value with time. The model with these modifications was validated in soil and climatic conditions of this study.

^{1/} Doctoral thesis in Soil Science – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. (152 p.) December, 2010. This work had financial support from CNPq-Brazil.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Dinâmica da matéria orgânica do solo.....	3
2.2. O solo como um dreno de carbono.....	7
2.3. Modelagem da matéria orgânica do solo	8
2.4. Modelos unicompartmentais	9
2.5. Modelos multicompartmentais: Modelo Century	10
3. HIPÓTESES	15
4. OBJETIVOS.....	16
5. MATERIAL E MÉTODOS	17
5.1. Local do estudo	17
5.2. Descrição dos experimentos e tratamentos.....	17
5.2.1. Experimento 1: Cobertura vegetal como alternativa de recuperação de solos degradados	17
5.2.2. Experimento 2: Preparos de solo e sistemas de culturas como alternativa de recuperação de solos degradados	19
5.2.3. Manejo das culturas utilizadas	19
5.3. Avaliações das adições de C e retiradas de N	20
5.3.1. Experimento 1	20
5.3.2. Experimento 2	21
5.4. Avaliação dos estoques de C e N total do solo.....	21
5.4.1. Experimento 1	21
5.4.2. Experimento 2	22
5.5. Descrição do modelo	22
5.6. Inicialização do modelo Century 4.5	23
5.6.1. Dados climatológicos	24
5.6.2. Solo	24
5.6.3. Planta	25
5.6.4. Execução de equilíbrio	25
5.7. Criação dos cenários de manejo (arquivos .SCH)	25
5.8. Parametrização do Modelo Century 4.5.....	27
5.8.1. Parâmetros do CROP.100	28
5.8.2. Parâmetros do FIX.100	31
5.8.3. Parâmetros do CULT.100	33
5.9. Validação do modelo	34
5.9.1. Análise estatística	34
5.10. Estimativas dos estoques futuros.....	34
5.11. Variáveis de saída estudadas.....	34
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
6.1. Parametrização do modelo Century 4.5.....	36
6.1.1. Execução de equilíbrio (0 a 6000 anos).....	36
6.1.2. Ajuste dos parâmetros do período com colza e girassol.....	39
6.1.3. Ajustes dos parâmetros no período experimental	42
6.2. Validação	47
6.2.1. Ajuste de adição de C pelas culturas	47
6.2.2. Estoques de C.....	50
6.2.3. Estoques de N total	56

6.3. Estoques totais de C e de N e nos compartimentos simulados pelo modelo Century 4.5 em diferentes sistemas de culturas e preparos do solo	61
6.3.1. Experimento 1	61
6.3.2. Experimento 2	70
6.4. Efeito de sistemas de cultura e preparo do solo sobre variáveis referentes a dinâmica do nitrogênio estimadas pelo modelo Century 4.5	76
6.4.1. Adições e retiradas de N pelas culturas	76
6.4.2. Mineralização de N.....	78
6.4.3. Perdas de N	79
6.5. Evolução dos estoques de C e de N do solo projetados pelo modelo Century até o ano de 2060 sob diferentes sistemas de manejo.....	81
7. CONCLUSÕES.....	92
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
9. APÊNDICES	105

RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
5.1 Tratamentos utilizados do Experimento 1.....	18
5.2 Tratamentos utilizados do Experimento 2.....	19
5.3 Densidades do solo no campo nativo utilizadas como densidade referênciã no calculo dos estoques de carbono e de nitrogênio pelo método da massa equivalente.....	22
5.4 Precipitação, temperatura máxima e mínima mensal média de 30 anos da região de Porto Alegre (Moreno, 1961).	24
5.5 Atributos químicos e físicos para a camada arável (0-20 cm) do solo utilizado na parametrização do modelo Century 4.5.....	25
5.6 Práticas de manejo utilizadas para as simulações no período de 1983 a 2060.	27
5.7 Valores dos parâmetros do CROP.100, referentes à dinâmica do C, utilizados neste estudo para as culturas dos Experimentos 1 e 2.	30
5.8 Valores dos parâmetros do CROP.100, referentes à dinâmica do N, utilizados neste estudo para as culturas dos Experimentos 1 e 2.	31
5.9 Parâmetros do FIX.100 utilizados na simulação nos tratamentos dos Experimentos 1 e 2.....	32
5.10 Valores originais e utilizados nos parâmetros no arquivo CULT.100.....	33
5.11 Variáveis de saída obtidas nas simulações do modelo Century 4.5 utilizadas neste estudo.	35
6.1 Adição anual de carbono, carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e relação C/N observados e simulados no campo nativo pelo modelo Century 4.5.	37
6.2 Carbono (C), nitrogênio (N) e relação C/N estimadas pelo modelo Century 4.5 nos diversos compartimentos para o campo nativo ao final da simulação de equilíbrio (1970).....	39
6.3 Adição anual de carbono, carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e relação C/N observados na área experimental após 13 anos de cultivo com colza e girassol e simulados pelo modelo Century 4.5.....	39
6.4 Carbono (C), nitrogênio (N) e relação C/N estimadas pelo modelo Century 4.5 nos diversos compartimentos para o final do período com cultivo de colza e girassol.....	41
6.5 Adição média anual de C pelas culturas observada analiticamente e simulada pelo modelo Century 4.5 na etapa de parametrização em diferentes sistemas de culturas para o período de condução dos Experimentos.....	42
6.6 Adição média anual de C pelas culturas observada analiticamente e simulada pelo modelo Century 4.5 em diferentes sistemas de culturas para o período e condução dos Experimentos.	48

6.7	Análise da falta de ajuste (LOFIT) e raiz quadrada do erro médio (RQEM) para avaliar a acurácia da simulação dos estoques de C do solo realizada pelo modelo Century para os tratamentos do Experimento 1 e 2.	51
6.8	Análise da falta de ajuste (LOFIT) e raiz quadrada do erro médio (RQEM) para avaliar a acurácia da simulação dos estoques de N total do solo realizada pelo modelo Century para os tratamentos do Experimento 1 e 2.	56
6.9	Carbono orgânico total (COT) na camada de 0-20 cm observado e simulado para o ano de 2005 pelo modelo Century 4.5 nos tratamentos do experimento 1.	62
6.10	Estoque e percentagem de carbono nos compartimentos da MOS simulados para o ano de 2005 pelo modelo Century 4.5 nos tratamentos do experimento 1.	66
6.11	Nitrogênio total (NT) e relação C/N na camada de 0-20 cm observados e simulados para o ano de 2005 pelo modelo Century 4.5 nos tratamentos do Experimento 1.	67
6.12	Estoque e percentagem de nitrogênio nos compartimentos da MOS simulados para o ano de 2005 pelo modelo Century 4.5 nos tratamentos do experimento 1.	69
6.13	Carbono orgânico total (COT) na camada de 0-20 cm observado e simulado para o ano de 2003 pelo modelo Century 4.5 nos tratamentos do Experimento 2.	71
6.14	Estoque e percentagem de carbono nos compartimentos da MOS simulados para o ano de 2003 pelo modelo Century 4.5 nos tratamentos do Experimento 2.	74
6.15	Nitrogênio total (NT) e relação C/N na camada de 0-20 cm observados e simulados para o ano de 2003 pelo modelo Century 4.5 nos tratamentos do Experimento 2.	75
6.16	Estoque e percentagem de nitrogênio nos compartimentos da MOS simulados para o ano de 2003 pelo modelo Century 4.5 nos tratamentos do Experimento 2.	76
6.17	Nitrogênio contido nos grãos estimado pela equação apresentada por Lovato (2001) e pelo modelo Century (EGRAIN(1)) e N fixado simbioticamente estimado (SNFXAC(1)) pelo modelo Century nos sistemas de culturas do Experimento 1 e nos sistemas de cultura em preparo convencional no Experimento 2.	77
6.18	Mineralização líquida no solo (SOILNM(1)) e total (TNETMN(1)) de nitrogênio na camada de 0 – 20 cm estimadas pelo modelo Century nos sistemas de culturas do Experimento 1 e nos sistemas de culturas em preparo convencional no Experimento 2.	79
6.19	Lixiviação (STREAM(2)) e perdas voláteis ((VOLEAC(1); VOLGAC(1)) de N estimadas pelo modelo Century nos sistemas de culturas do	

Experimento 1 e nos sistemas de culturas em preparo convencional no Experimento 2.	80
--------------------------------------------------------------------------------------------	----

RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
2.1 Modelo Century, submodelo do C (modificado de Parton et al., 1987; Metherel et al., 1994).....	11
2.2 Modelo Century, submodelo do N (modificado de Parton et al., 1987; Metherel et al., 1994).....	12
6.1 Dinâmica dos compartimentos do C (a) e do N (b) na simulação de equilíbrio de 6000 anos do campo nativo estimada pelo modelo Century 4.5.....	38
6.2 Dinâmica temporal dos compartimentos do C (a) e do N (b) na simulação do período de 13 anos de cultivo de colza e girassol pelo modelo Century 4.5	41
6.3 Carbono orgânico total (COT) observado e simulado na área experimental sob campo nativo, cultivo de colza e girassol e nos sistemas de culturas A/M com adubação nitrogenada mineral e A+V/M sem e com adubação nitrogenada mineral conduzidos em plantio direto no Experimento 1 (PD1) e no sistema de cultura A/M com adubação nitrogenada mineral conduzido em preparo convencional (PC) no Experimento 2. As barras verticais indicam o desvio padrão da média. A=aveia, C=caupi, M=milho e V=vica.	44
6.4 Nitrogênio total (NT) observado e simulado na área experimental sob campo nativo, cultivo de colza e girassol e nos sistemas de culturas conduzidos em plantio direto A/M com adubação nitrogenada mineral e A+V/M sem e com adubação nitrogenada mineral do Experimento 1 (PD1) e no A/M com adubação nitrogenada mineral conduzido em preparo convencional (PC) do Experimento 2. As barras verticais indicam o desvio padrão da média. A=aveia, C=caupi, M=milho e V=vica.....	46
6.5 Relação entre a adição média anual de C pelas culturas observada analiticamente e simulada pelo modelo Century 4.5 em diferentes sistemas de culturas.....	48
6.6 Carbono orgânico total (COT) observado e simulado na área experimental sob campo nativo, cultivo de colza e girassol e nos sistemas de culturas conduzidos em plantio direto A/M sem adubação nitrogenada mineral, A+V/M+C sem e com adubação nitrogenada mineral, LL+M e G+M do Experimento 1. As barras verticais indicam o desvio padrão da média. A=aveia, C=caupi, G=guandu, LL=lablabe, M=milho e V=vica.....	52
6.7 Carbono orgânico total (COT) observado e simulado na área experimental sob campo nativo, cultivo de colza e girassol e nos sistemas de culturas conduzidos em plantio direto A/M sem e com adubação nitrogenada mineral e A+V/M+C sem e com adubação nitrogenada mineral do Experimento 2. As barras verticais indicam o desvio padrão da média. A=aveia, C=caupi, M=milho e V=vica.....	53

6.8	Carbono orgânico total (COT) observado e simulado na área experimental sob campo nativo, cultivo de colza e girassol e nos sistemas de culturas conduzidos em preparo convencional A/M sem adubação nitrogenada mineral e A+V/M+C sem e com adubação nitrogenada mineral do Experimento 2. As barras verticais indicam o desvio padrão da média. A=aveia, C=caupi, M=milho e V=vica.....	54
6.9	Relação entre carbono orgânico total (COT) observado e simulado pelo modelo Century 4.5.	55
6.10	Nitrogênio total (NT) observado e simulado na área experimental sob campo nativo, cultivo de colza e girassol e nos sistemas de culturas conduzidos em plantio direto A/M sem adubação nitrogenada mineral, A+V/M+C sem e com adubação nitrogenada mineral, LL+M e G+M do Experimento 1. As barras verticais indicam o desvio padrão da média. A=aveia, C=caupi, G=guandu, LL=lablabe, M=milho e V=vica.	58
6.11	Nitrogênio total (NT) observado e simulado na área experimental sob campo nativo, cultivo de colza e girassol e nos sistemas de culturas conduzidos em plantio direto A/M sem e com adubação nitrogenada mineral e A+V/M+C sem e com adubação nitrogenada mineral do Experimento 2. As barras verticais indicam o desvio padrão da média. A=aveia, C=caupi, M=milho e V=vica.....	59
6.12	Nitrogênio total (NT) observado e simulado na área experimental sob campo nativo, cultivo de colza e girassol e nos sistemas de culturas conduzidos em preparo convencional A/M sem adubação nitrogenada mineral e A+V/M+C sem e com adubação nitrogenada mineral do Experimento 2. As barras verticais indicam o desvio padrão da média. A=aveia, C=caupi, M=milho e V=vica.....	60
6.13	Relação entre nitrogênio total (NT) observado e simulado pelo modelo Century 4.5.....	61
6.14	Regressão entre a variação no estoque de C e a adição de C pelas culturas nos sistemas de culturas do Experimento 1. a) valores observados e b) valores simulados.	63
6.15	Dinâmica dos estoques totais e dos compartimentos do C do solo nos cenários de manejo do campo nativo, cultivo com colza e girassol e nos tratamentos em plantio direto aveia/milho (A/M) sem e com adubação nitrogenada mineral e aveia+vica/milho (A+V/M) no Experimento 1 estimada até o ano de 2060 pelo modelo Century 4.5.	82
6.16	Dinâmica dos estoques totais e dos compartimentos do C do solo nos cenários de manejo do campo nativo, cultivo com colza e girassol e nos tratamentos em plantio direto aveia+vica/milho+caupi (A+V/M+C) sem e com adubação nitrogenada mineral, lablabe+milho (LL+M) e guandu+milho (G+M) sem adubação nitrogenada mineral no Experimento 1 estimada até o ano de 2060 pelo modelo Century 4.5.	84
6.17	Dinâmica dos estoques totais e dos compartimentos do C do solo nos cenários de manejo do campo nativo, cultivo com colza e girassol e nos tratamentos em preparo convencional aveia/milho (A/M) sem e com adubação nitrogenada mineral e aveia+vica/milho+caupi	

(A+V/M+C) no Experimento 2 estimada até o ano de 2060 pelo modelo Century 4.5.	85
6.18 Relação entre a adição de C pelas culturas no ano de 2060 e os estoques de C total, no compartimento lento e no compartimento passivo no ano de 2060 nos tratamentos em sistema plantio direto simulados pelo modelo Century.	87
6.19 Dinâmica dos estoques totais e dos compartimentos do N total do solo nos cenários de manejo do campo nativo, cultivado com colza e girassol e nos tratamentos em plantio direto aveia/milho (A/M) sem e com adubação nitrogenada mineral e aveia+vica/milho (A+V/M) no Experimento 1 estimada até o ano de 2060 pelo modelo Century 4.5.	88
6.20 Dinâmica dos estoques totais e dos compartimentos do N total do solo nos cenários de manejo do campo nativo, cultivado com colza e girassol e nos tratamentos em plantio direto aveia+vica/milho+caupi (A+V/M+C) sem e com adubação nitrogenada mineral, lablabe+milho (LL+M) e guandu+milho (G+M) sem adubação nitrogenada mineral no Experimento 1 estimada até o ano de 2060 pelo modelo Century 4.5.	89
6.21 Dinâmica dos estoques totais e dos compartimentos do N total do solo nos cenários de manejo do campo nativo, cultivado com colza e girassol e nos tratamentos em preparo convencional aveia/milho (A/M) sem e com adubação nitrogenada mineral e aveia+vica/milho+caupi (A+V/M+C) no Experimento 2 estimada até o ano de 2060 pelo modelo Century 4.5.	90

RELAÇÃO DE APÊNDICES

Página

1. Dados mensais de precipitação (prec), em cm, e temperatura mínima (tmin) e máxima (tmax) do ar, em °C, referentes ao período de 1970 a 2008 para formar o arquivo CLIMAEEA.WTH utilizado pelo modelo Century 4.5 nas simulações. Departamento de Forrageiras e Agrometeorologia da faculdade de Agronomia da UFRGS (dados não publicados) referentes à Estação Meteorológica de Eldorado do Sul..... 106
2. Organização do arquivo PCAMcN.SCH formando o cenário de manejo do campo nativo, colza/girassol e tratamento PC A/M com adubação nitrogenada mineral utilizado pelo modelo Century 4.5 na simulação..... 109
3. Organização do arquivo PDAVMC0N.SCH formando o cenário de manejo do campo nativo, colza/girassol e tratamento PD1 A+V/M+C sem adubação nitrogenada mineral utilizado pelo modelo Century 4.5 na simulação..... 112
4. Organização do arquivo GM0N.SCH formando o cenário de manejo do campo nativo, colza/girassol e tratamento PD1 G+M sem adubação nitrogenada mineral utilizado pelo modelo century 4.5 na simulação..... 114
5. Parâmetros das culturas do arquivo assessório CROP.100 do modelo Century 4.5 utilizados nas simulações..... 116
6. Parâmetros do arquivo assessório FIX.100 do modelo Century 4.5 utilizados nas simulações..... 121
7. Parâmetros das culturas do arquivo assessório CULT.100 do modelo Century 4.5 utilizados nas simulações..... 122
8. Parâmetros das culturas do arquivo assessório SITE.100 do modelo Century 4.5 utilizados nas simulações..... 123
9. Teores de C orgânico total do solo, g kg⁻¹, nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 1. EEA-UFRGS, 1987 (Teixeira, 1988). 125
10. Teores de N total do solo, g kg⁻¹, nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 1. EEA-UFRGS, 1987 (Teixeira, 1988). 126
11. Teores de C orgânico total do solo, g kg⁻¹, nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 1. EEA-UFRGS, 1988 (Testa, 1989). 127
12. Teores de N total do solo, g kg⁻¹, nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 1. EEA-UFRGS, 1988 (Testa, 1989). 129
13. Teores de C orgânico total do solo, g kg⁻¹, nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 1. EEA-UFRGS, 1991 (Pavinato, 1993). 131
14. Teores de N total do solo, g kg⁻¹, nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 1. EEA-UFRGS, 1991 (Pavinato, 1993). 132
15. Teores de C orgânico total do solo, g kg⁻¹, nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 1. EEA-UFRGS, 1993 (Burle, 1994). 133

16. Teores de N total do solo, g kg ⁻¹ , nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 1. EEA-UFRGS, 1993 (Burle, 1994).....	134
17. Teores de C orgânico total do solo, g dm ⁻³ , nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 1. EEA-UFRGS, 1994 (Bayer, 1996).	135
18. Teores de N total do solo, g dm ⁻³ , nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 1. EEA-UFRGS, 1994 (Bayer, 1996).	137
19. Teores de C orgânico total do solo, g dm ⁻³ , nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 1. EEA-UFRGS, 1999 (Pillon, 2000).....	139
20. Teores de N total do solo, g dm ⁻³ , nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 1. EEA-UFRGS, 1999 (Pillon, 2000).....	140
21. Teores de C orgânico total do solo, g kg ⁻¹ , nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 1. EEA-UFRGS, 2002 (Vieira, 2007).....	141
22. Teores de N total do solo, g kg ⁻¹ , nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 1. EEA-UFRGS, 2002 (Vieira, 2007).	142
23. Teores de C orgânico total do solo, g kg ⁻¹ , nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 2. EEA-UFRGS, 1990 (Bayer, 1992).	143
24. Teores de N total do solo, g kg ⁻¹ , nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 2. EEA-UFRGS, 1990 (Bayer, 1992).	144
25. Teores de C orgânico total do solo, g cm ⁻³ , nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 2. EEA-UFRGS, 1994 (Bayer, 1996).	145
26. Teores de N total do solo, g cm ⁻³ , nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 2. EEA-UFRGS, 1994 (Bayer, 1996).	146
27. Teores de C orgânico total do solo, g kg ⁻¹ , nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 2. EEA-UFRGS, 1998 (Lovato, 2001).....	147
28. Teores de N total do solo, g kg ⁻¹ , nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 2. EEA-UFRGS, 1998 (Lovato, 2001).....	148
29. Teores de C orgânico total do solo, g kg ⁻¹ , nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 2. EEA-UFRGS, 2003 (Zanatta, 2006).....	149
30. Teores de N total do solo, g kg ⁻¹ , nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 2. EEA-UFRGS, 2003 (Zanatta, 2006).	150
31. Matéria seca da parte aérea das culturas de cobertura de inverno avaliadas nos tratamentos do Experimento 1 em 2008 e 2009.	151
32. Matéria seca da parte aérea das culturas guandu e lablabe avaliadas em 2008.....	151
33. Matéria seca da parte aérea das culturas guandu e lablabe avaliadas em 2009.....	151
34. Rendimento de grãos de milho (12,5% H ₂ O) em um ARGISSOLO VERMELHO distrófico, sob 5 sistemas de culturas e duas doses de nitrogênio no Experimento 1 conduzido há 27 anos. EEA-UFRGS, 2010.	152

1. INTRODUÇÃO

Atualmente a atividade humana possui a difícil tarefa de utilizar os recursos naturais e promover, ao mesmo tempo, a sua preservação para as gerações futuras. Dentre os recursos ambientais utilizados pelo homem, o solo é um dos mais intensamente explorados, a ponto de milhões de hectares no mundo já estarem degradados.

O solo apresenta inúmeras funções ecológicas essenciais para o equilíbrio dinâmico do planeta Terra. Ele é a base para a produção de biomassa vegetal que suporta a vida terrestre, apresenta inúmeras relações com a atmosfera e a hidrosfera, com os quais troca matéria e energia. A qualidade destas relações é importante para a preservação e qualidade destes componentes ambientais e no exercício de suas funções na natureza.

Dentre os constituintes do solo, a matéria orgânica do solo (MOS) exerce papel fundamental na preservação de sua qualidade e na manutenção de suas funções ecológicas. Devido às relações com outros componentes do ambiente, a qualidade e a quantidade de MOS são definidas pelo seu ambiente de formação, sendo sensível às alterações provocadas no solo. Dessa forma, determinadas práticas agrícolas ou manejos do solo podem contribuir para o decréscimo ou acúmulo de MOS. A perda de quantidade e qualidade de MOS contribui para a degradação do solo e a sua recuperação, na maioria dos casos, está relacionada com a promoção do aumento do conteúdo de MOS.

Uma das relações que o solo apresenta com a atmosfera é o fluxo de gases entre esses dois ambientes. A MOS é o componente mais ativo neste processo. A sua degradação libera gases como o dióxido de carbono, óxido

nitroso e metano, porém o acréscimo de MOS, através do seqüestro de CO₂, ajuda na mitigação do impacto desses gases de efeito estufa.

Devido às várias funções exercidas pela MOS no ambiente, o entendimento dos processos envolvidos na sua decomposição e acumulação no solo, bem como das práticas de manejo que os afetam, é fundamental para a tomada de decisão pelos agricultores e para o planejamento governamental com o objetivo de recuperar áreas degradadas, preservar os recursos naturais e diminuir o impacto gerado pela agricultura.

Uma ferramenta importante no estudo da MOS é a modelagem matemática da dinâmica de seus componentes, carbono (C) e nitrogênio (N). Com o avanço da ciência, vários conhecimentos foram adquiridos acerca do comportamento e dinâmica do C e do N do solo, sendo possível, então, a partir desse conhecimento a construção de modelos teóricos. Quando um modelo é validado numa determinada condição edafoclimática, a modelagem da MOS constitui-se numa poderosa ferramenta para a predição do impacto de práticas agrícolas no solo deste local, auxiliando, dessa forma na escolha do manejo a ser adotado buscando a conservação e melhoria da qualidade do solo.

Um dos modelos atualmente utilizados no estudo da dinâmica do C e N do solo é o Modelo Century. Este modelo já foi validado em vários locais com características edafoclimáticas diferentes, inclusive na região sul do Brasil. A versão utilizada nestes estudos foi o Century 4.0. Entretanto, várias modificações foram feitas pela equipe de pesquisadores que desenvolveram o Century 4.0, dando origem à nova versão denominada Century 4.5.

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo parametrizar e validar o modelo Century 4.5 nas condições edafoclimáticas de um Argissolo da Depressão Central do RS utilizando dados de estoques de C e de N do solo observados em dois Experimentos de longa duração e aplicá-lo na construção de cenários futuros, simulando a dinâmica temporal do C e N orgânico do solo sob diferentes práticas de manejo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Dinâmica da matéria orgânica do solo

A MOS exerce papel essencial no ambiente como um todo e fundamental na capacidade produtiva dos solos. Ela é importante no fornecimento de nutrientes às plantas, na retenção de cátions, na complexação de elementos tóxicos, na estabilidade da estrutura do solo, na infiltração e retenção de água, na aeração e atividade biológica do solo. Sendo considerada indicador chave da qualidade do solo, pois ela sofre alterações em sua quantidade e qualidade em função do manejo (Mielniczuk, 2008).

A MOS é formada a partir da decomposição de resíduos orgânicos (de plantas e/ou animais) que são adicionados ao solo, cuja dinâmica é governada por uma série de transformações sob ação de agentes químicos, físicos e biológicos, com grande destaque para a microbiota do solo, sendo constituída por aproximadamente 58% de carbono e 4% de N (Sparks, 1995). A presença de C e N em sua estrutura está relacionada com o fato da dinâmica da MOS estar inserida dentro do ciclo global do C e do N, o que faz com que a MOS atue na regulação do processo das emissões de gases de efeito estufa como CO₂, CH₄ e N₂O, bem como na mitigação do efeito ou seqüestro desses gases.

Os estoques de C orgânico e N do solo são governados pelo balanço entre entradas e saídas desses elementos no solo. Em sistemas naturais o conteúdo de MOS é estável devido às poucas diferenças entre entradas e saídas. A principal entrada de C no solo é através dos resíduos

vegetais e animais que são depositados sobre o mesmo, já as saídas de C do solo ocorrem pela erosão e, principalmente, pela oxidação microbiana da MOS com liberação de CO₂ para a atmosfera. Em relação ao N, este entra no sistema solo pela deposição atmosférica, fixação simbiótica e assimbiótica e adição de fertilizantes minerais e orgânicos, sendo que o mesmo sai do sistema através dos processos de volatilização, lixiviação e desnitrificação e da remoção pela colheita de culturas agrícolas.

Os estoques de C orgânico e N do solo são determinados por fatores edafoclimáticos. O clima, através da temperatura e disponibilidade de água, pode afetar tanto a produção de biomassa (entrada) quanto a decomposição da MOS (saída). Climas frios e secos determinam baixa produção de biomassa, enquanto climas quentes úmidos favorecem altas produções. O clima também afeta a taxa de decomposição da MOS devido à sua influência sobre atividade microbiana. Altas temperaturas e boa disponibilidade hídrica aumentam a atividade microbiana, conseqüentemente, aceleram a taxa de decomposição da MOS.

A granulometria e mineralogia do solo também afetam a dinâmica da MOS. Relações diretas entre as concentrações de C orgânico e argila ou argila+silte já foram demonstradas em solos caulíníticos (Feller and Beare, 1997) e oxídicos (Zinn et al., 2005a) nos trópicos e em solos temperados (Konen et al., 2003; Carter et al., 2003; Galatini et al., 2004). A maior concentração de C em solos mais argilosos é devido à maior interação entre a fração argila e a MOS que acaba por proteger quimicamente a MOS contra o ataque dos microrganismos (Sollins et al., 1996; Von Lützow et al., 2006). Essa maior interação com a fração argila deve-se a esta fração possuir maior área superficial específica e poder de sorção do que as frações mais grosseiras do solo (Baldock et al., 2000). Com relação à mineralogia, solos com alto conteúdo de óxidos (solos tropicais) possuem maior estoque de C orgânico do que solos de mineralogia 2:1 (solos temperados) de mesma textura, o que se deve à forte estabilidade química da interação entre esses óxidos e a MOS. Acreditava-se antigamente que solos das regiões tropicais possuíssem menores estoques de C orgânico devido às maiores taxas de decomposição da MOS pela maior temperatura dessas regiões, entretanto, atualmente sabe-se que devido à maior produção de biomassa associada à maior proteção química da MOS em

solos muito intemperizados, as regiões tropicais possuem estoques de C e N semelhantes aos das regiões temperadas (Greenland et al.,1992; Bayer & Mielniczuk, 2008).

Em relação aos solos cultivados, os estoques de C e N do solo são afetados pelas práticas de manejo do solo, como o tipo de preparo do solo e as culturas utilizadas. Os diversos sistemas de preparo do solo modificam as condições ambientais e a estrutura do solo. O preparo convencional (PC), caracterizado pelo intenso revolvimento do solo, promove aumento da oxigenação deste ambiente, favorecendo acréscimos na taxa metabólica da população microbiana do solo, provocando aumento na decomposição da MOS com conseqüentes decréscimos nos estoques de C orgânico e N total do solo (Lovato et al., 2004; Zinn et al., 2005b). Essas perdas também são devidas à destruição da estrutura do solo pelo revolvimento, que acaba destruindo a agregação, provocando a exposição da MOS que estava protegida no interior dos agregados contra o ataque de microrganismos (Sollins, et al, 1996; Conceição, 2006). Além disso, a utilização do PC, por manter o solo sem resíduos contra o ataque dos agentes erosivos, promove diminuição nos estoques de C e N por meio da perda de solo por erosão. O decréscimo da MOS provocado pelo PC acaba por determinar a perda da qualidade do solo e da produtividade das culturas.

O grande impacto do preparo convencional sobre a qualidade do solo foi observado no Rio Grande do Sul nas décadas de 60, 70 e 80 quando extensas áreas de terra foram degradadas por esse sistema de preparo (Mielniczuk, 1999).

Devido aos impactos ambientais e perdas de produtividade dos solos pela utilização do PC, alternativas foram utilizadas para interromper o processo de degradação do solo, bem como no intuito de reverter esses processos, levando a melhoria e aumento da qualidade do solo. Dentre essas práticas está o sistema plantio direto (PD), o qual é caracterizado pelo revolvimento do solo apenas na linha de semeadura, pelo uso de plantas de cobertura de solo e rotação de culturas. Este sistema por manter o solo coberto por plantas ou resíduos vegetais diminui a níveis quase mínimos as perdas de solo por erosão e, em relação do PC, pode manter e até mesmo aumentar os estoques de C e de N do solo (Lovato et al., 2004; Bayer et al., 2000a; Amado

et al., 2001), o que é, em parte, devido à preservação e melhoria da estrutura do solo, através do aumento da agregação do mesmo (Conceição, 2006).

A magnitude do acréscimo de C e N no solo em sistema plantio direto depende da adição destes elementos ao sistema através dos resíduos vegetais, conseqüentemente, depende do sistema de culturas adotado (Lovato et al., 2004). Batjes (1998) e Swift (2001) afirmam que para aumentar o conteúdo de C orgânico do solo, além de minimizar o revolvimento do solo, deve-se reduzir o uso de pousio e favorecer práticas de manejo que envolvam alta produção e adição de resíduos vegetais ao solo. Sistemas de culturas com leguminosas na rotação ou em consórcio com uma gramínea têm se destacado na recuperação e aumento dos estoques de C e N do solo (Weber, 2008).

A introdução de mais uma cultura no sistema aumenta a adição de C ao solo, e no caso das leguminosas, aumenta também a adição de N ao sistema. Mas a presença de leguminosas também possui efeito indireto sobre o aumento dos estoques de C através do aumento da disponibilidade de N no solo, devido à decomposição de seus resíduos que são enriquecidos com N proveniente da fixação biológica. Este N disponibilizado é absorvido pelas gramíneas, as quais são exigentes em N, que aumentam sua produção de biomassa vegetal, contribuindo para a adição C ao solo. A adubação nitrogenada mineral também promove aumento dos estoques de C e N do solo (Lovato et al., 2004) devido aos mesmos motivos que o uso de leguminosas: aumento da adição de C e N ao sistema, porém a adubação mineral possui efeito menor no aumento dos estoques (Weber, 2008). Alvarez (2005) com dados compilados de 137 locais com taxas variadas de adição de N mineral observou variação positiva no estoque de C de 2 Mg ha⁻¹ para cada 1 Mg ha⁻¹ de N aplicado, porém com um baixo coeficiente de determinação.

Entretanto, a intensidade do efeito provocado pelos sistemas de cultivo nos estoques de C e N do solo depende das características do solo, como textura e mineralogia. As perdas de MOS pelo cultivo com PC são reduzidas com o aumento do conteúdo de argila do solo (Zinn et al., 2005) devido à maior proteção da MOS em solos mais argilosos. Dieckow et al. (2009) compararam as perdas de C pela utilização do PC bem como os acréscimos de C pela utilização do PD em Experimentos de longa duração em 4 solos do Brasil com texturas contrastantes, sendo 2 localizados na região

tropical e 2 na região subtropical. Os autores observaram que na região tropical, em relação aos estoques originais de C na camada de 0 – 20 cm encontrados na vegetação nativa, o cultivo em PC reduziu o estoque de C em 19% no solo com 36% de argila e em 7% no solo com 69% de argila. Já na região subtropical as perdas foram de 29% no solo com 22% de argila e de 21% no solo com 71% de argila. Com a conversão para PD, o aumento no estoque de C na região tropical foi de 7% para o solo mais arenoso e não houve incremento no solo mais argiloso. Na região subtropical o aumento foi de 7% no solo argiloso e de 12 % no mais arenoso. Os autores concluíram que os solos mais argilosos possuem maior resistência para perder C, bem como, para recuperar os estoques originais. Ao contrário, os solos com menor conteúdo de argila apresentaram menor resistência, mas maior resiliência que é a capacidade de recuperar sua função e integridade estrutural após um distúrbio como o ocorrido pelo PC.

2.2. O solo como um dreno de carbono

O estoque de C do solo, estimado em 1500 Gt, contém três vezes mais C que a vegetação que suporta e é maior que o reservatório da atmosfera (Post et al., 1982; Amundson, 2001). Devido às trocas de C ocorridas entre esses reservatórios, o solo pode ser considerado como uma fonte ou dreno de CO₂ atmosférico, podendo contribuir para a intensificação do efeito estufa ou para mitigar os efeitos deste, respectivamente. Ele age como fonte quando as perdas de C pela decomposição da MOS superam as entradas de C proveniente da fixação fotossintética realizada pelas plantas que são depositadas sobre o solo, o que ocorre no PC. Já ele pode agir como um dreno de CO₂ quando a conversão dos resíduos vegetais em MOS supera as perdas por decomposição microbiana, o que pode ocorrer no PD. Devido aos impactos ambientais decorrentes das atividades antrópicas fica evidente a necessidade de se buscar práticas de manejo que possam reverter o processo de degradação do solo e diminuir a intensificação do aquecimento global através do seqüestro de C neste compartimento. Dentre estas práticas a utilização do PD está entre as principais.

West & Post (2002), compilando dados de 67 Experimentos de longa duração, observaram que a mudança do PC para PD pode, em média, sequestrar $48 \text{ g C m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$. Quando os dados referentes ao PD com pousio foram retirados dos cálculos o seqüestro de C aumentou para $57 \text{ g C m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$, o que destaca a importância do uso de plantas de cobertura para o aumento do seqüestro de C pelo solo. Os autores também observaram que as taxas de seqüestro de C pelo PD alcançam os picos máximos em 5 a 10 anos, declinando a zero em 15 a 20 anos.

Diante do exposto, fica evidente que o solo possui potencial para mitigar os efeitos negativos do efeito estufa através do seqüestro de C e também em aumentar a concentração de CO_2 na atmosfera, quando utilizado de forma imprópria (Lal et al., 1995).

2.3. Modelagem da matéria orgânica do solo

A modelagem matemática tem como objetivos integrar e sistematizar o conhecimento de forma organizada; sintetizar os processos que descrevem o sistema em estudo, bem como suas interações; auxiliar no dimensionamento de novas linhas de pesquisa e no planejamento e elaboração de novos Experimentos; avaliar o comportamento de fatores que possam induzir o aparecimento de impactos negativos ou indesejáveis ao sistema; auxiliar na compreensão das particularidades dos processos que compõem o sistema e visualizar o comportamento futuro do sistema através da criação de cenários alternativos que ainda não foram explorados experimentalmente (Scorza Júnior, 2006).

Ao se comparar a experimentação tradicional com a modelagem matemática, esta pode apresentar várias vantagens como o baixo custo, a rapidez na obtenção de resultados, a capacidade de gerar informação completa, a possibilidade de criar cenários diversificados e a possibilidade de identificação e proposição de cenários ideais. Entretanto, esta ferramenta possui algumas desvantagens. Ela necessita de validação, que consiste na comparação dos valores simulados com valores experimentais, com o objetivo de concluir se o simulador utilizado realmente descreve o sistema estudado, indicando assim que os processos descritos pelo modelo de fato refletem o

sistema em estudo. Esta ferramenta também pode apresentar várias soluções para um mesmo problema, significando que, em algumas situações, várias combinações de dados de entrada podem levar aos mesmos resultados simulados (Scorza Júnior, 2006).

A modelagem no estudo da dinâmica da MOS é uma ferramenta essencial na predição dos efeitos das mudanças ambientais, para testar cenários específicos e desenvolver estratégias que mitiguem os efeitos destas mudanças (Leite & Mendonça, 2003).

2.4. Modelos unicompartmentais

Os modelos ou simuladores da dinâmica da MOS surgiram primeiramente considerando a MOS em um único compartimento, sendo chamados de unicompartmentais. Estes modelos consideram a MOS uniforme no solo. Esta simplificação facilita a sua aplicação e verificação e leva à obtenção de taxas de mineralização médias e, conseqüentemente, taxas de perdas de C e N específicas para cada ambiente (Mendonça e Leite, 2006). Entretanto, essa mesma simplificação constitui-se numa limitação, pois desconsidera que vários processos estão ocorrendo simultaneamente e que há compostos com tempos variáveis de permanência no solo, em função de seus mecanismos de estabilização (Parton et al., 1987; Fernandes, 2002).

A dinâmica do C do solo pode ser representada pelo modelo unicompartmental desenvolvido por Dalal & Mayer (1986), onde se observa que o estoque do elemento é determinado pela diferença entre as quantidades de carbono (C) que são adicionadas (k_1A) e perdas (k_2).

$$dC/dt = k_1.A - k_2.C \quad (1)$$

Nesta equação, A representa o C fotossintetizado pelas plantas e que é adicionado ao solo na forma de resíduos da parte aérea, exsudados radiculares e raízes ($Mg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$), C representa o conteúdo de C na MOS ($Mg\ ha^{-1}$), os coeficientes k_1 e k_2 representam, respectivamente, a fração do C adicionado (A) que realmente se integra à MOS e a fração do C da MOS que é

perdida pela decomposição, erosão, lixiviação, entre outros. Essa equação também pode ser aplicada à dinâmica dos estoques de N total.

Os coeficientes k_1 e k_2 são afetados pelas condições edafoclimáticas (temperatura, umidade, textura e mineralogia do solo), além das práticas de manejo (grau de revolvimento) (Bayer, 1996; Lovato, 2001; Mielniczuk et al., 2003). Dessa forma, esses coeficientes se comportam diferentemente entre as regiões tropicais, subtropicais e temperadas.

Em regiões temperadas, devido à menor taxa de decomposição da MOS pela menor temperatura, k_2 é menor, atingindo valores de 2% (Balesdent et al., 1990). Já em regiões tropicais e subtropicais, k_2 é mais elevado (Bayer et al., 2000). O efeito da mineralogia e do manejo do solo sobre o coeficiente k_2 pode ser observado no estudo desenvolvido por Bayer (1996), o qual estimou um k_2 de 1,4% para um Latossolo Bruno com 620 g kg⁻¹ de argila e 211 g Fe₂O₃ kg⁻¹ quando em PC e de 1,2% quando em PD. Já em um Argissolo Vermelho com 220 kg⁻¹ de argila e 103 g Fe₂O₃ kg⁻¹ o autor encontrou valores de k_2 de 5,4% no PC e de 2,9% no PD. Este estudo mostra que os coeficientes do modelo devem ser alterados conforme o ambiente para sua adequada performance.

2.5. Modelos multicompartimentais: Modelo Century

Com o avanço da ciência os modelos de simulação da MOS se tornaram cada vez mais complexos, incluindo maior número de variáveis e de compartimentos da MOS. A criação de modelos com vários compartimentos da MOS tenta representar as diferentes frações da MOS que possuem diferenças no que se refere as suas taxas de decomposição e tempo de permanência no solo. Entretanto, embora a criação de vários compartimentos da MOS em um modelo seja um avanço, ela também apresenta uma dificuldade a mais para a modelagem, já que esses compartimentos são teóricos e não mensuráveis, não podendo ser comparados diretamente com dados de fracionamento químico ou físico. Um exemplo de modelo multicompartimental é o Modelo Century (Parton et al., 1987; Metherell et al., 1994), que apresenta grande complexidade.

O modelo Century simula com ciclo mensal a dinâmica do C do solo (Figura 2.1) e de outros nutrientes como N (Figura 2.2), P e S e da água do solo, além do crescimento vegetal, sob diferentes usos e práticas de manejo, tomando como referência a camada superficial de 20 cm do solo. O modelo foi originalmente desenvolvido para avaliar o impacto de alterações no clima sobre a produção vegetal, MOS e ciclagem de nutrientes nas pradarias americanas. Posteriormente, foram incluídas no modelo simulações em outros biomas com florestas e agricultura, envolvendo a utilização de práticas de manejo, preparos do solo, irrigação, fertilização, colheita, pastejo e queimadas e ocorrência de erosão.

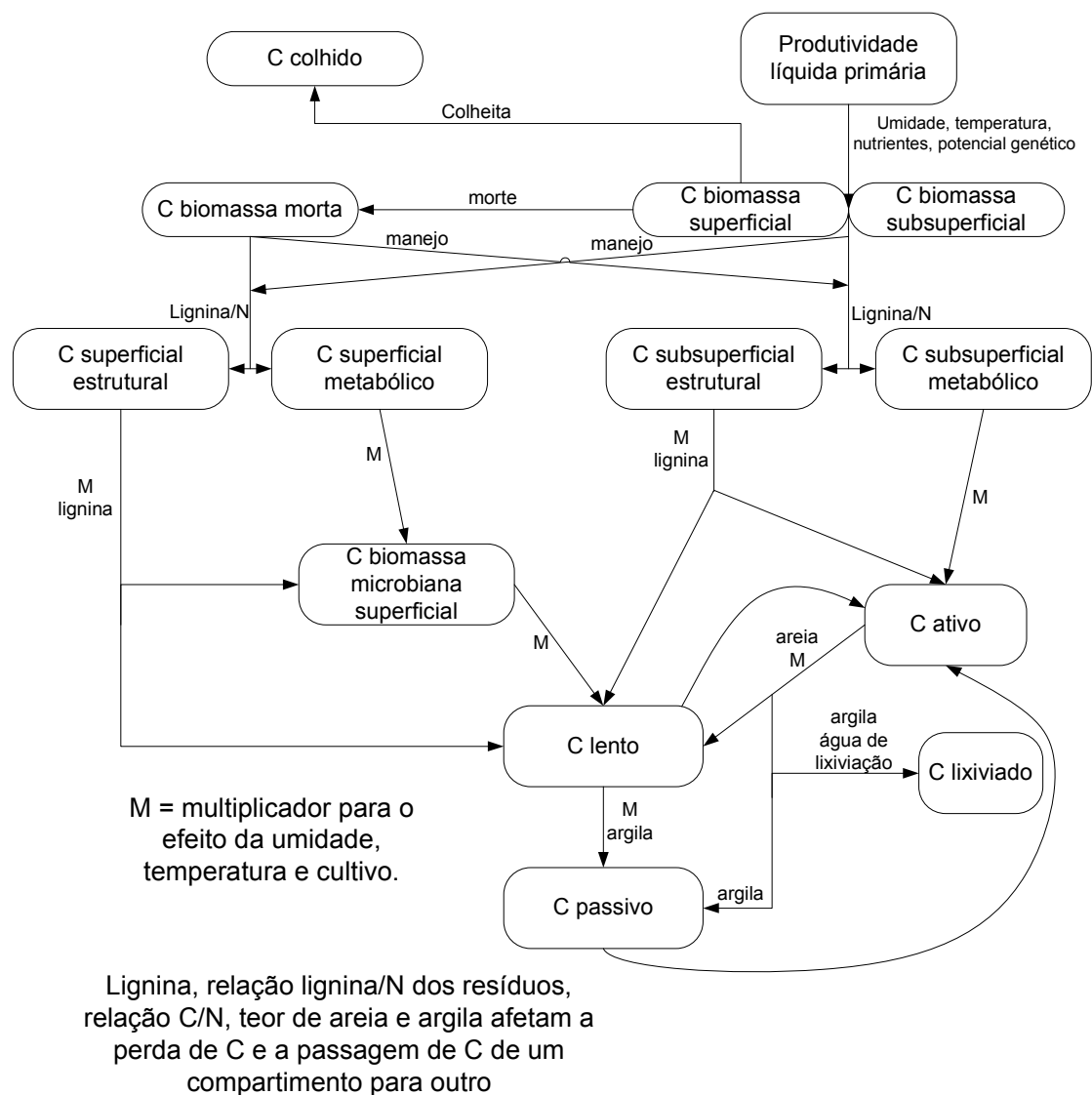


FIGURA 2.1 Modelo Century, submodelo do C (modificado de Parton et al., 1987; Metherel et al., 1994).

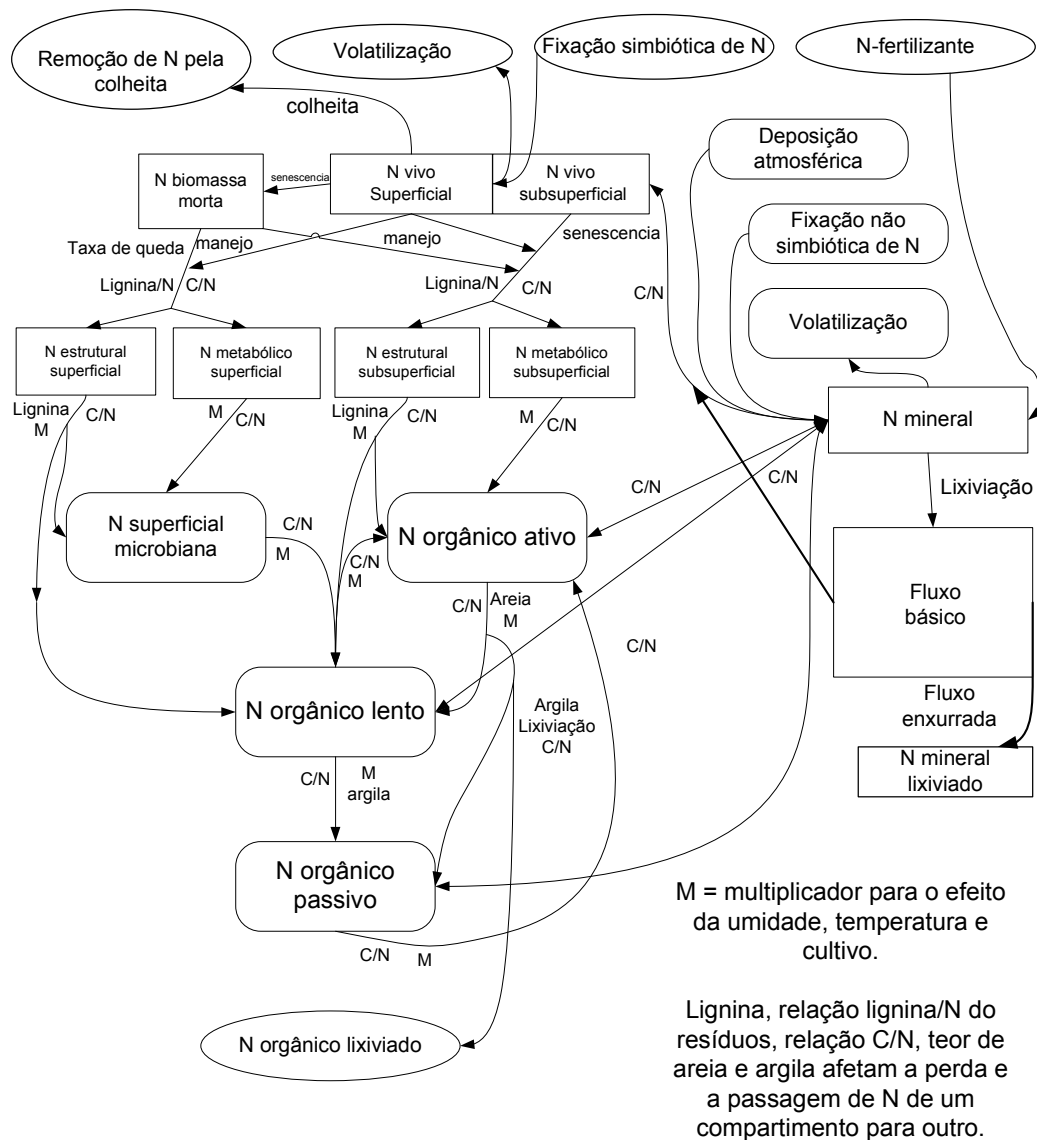


FIGURA 2.2 Modelo Century, submodelo do N (modificado de Parton et al., 1987; Metherel et al., 1994).

No modelo Century o material vegetal que é adicionado ao solo é dividido nos compartimentos estrutural e metabólico dependendo da relação lignina/N do resíduo, quanto maior é esta relação mais resíduos é direcionado ao compartimento estrutural, que possui taxas de decomposição mais lentas. O submodelo da MOS possui três compartimentos de solo: o ativo, que consiste em materiais relacionados à população microbiana e seus produtos e apresenta tempo de reciclagem de meses a poucos anos dependendo do ambiente e conteúdo de areia; o lento que apresenta materiais mais resistentes à degradação derivados do compartimento estrutural e produtos microbianos estabilizados no solo, com tempo de reciclagem variando de 20 a 50 anos; e o

passivo, que consiste em materiais da MOS protegida física e quimicamente, apresentando tempo e reciclagem de 400 a 2000 anos.

Uma grande vantagem do uso de modelos como o Century, está no fato de que, quando validados para determinada condição edafoclimática, permitem a realização de projeções futuras. Diante disso, pode-se prever os impactos provocados pelos diferentes usos do solo sobre a MOS a médio e longo prazo, permitindo-nos escolher as práticas de manejo menos impactantes ao ambiente.

Este modelo tem sido amplamente testado e aplicado em diversos biomas naturais e cultivados, solos e climas (Falloon & Smith, 2002). Entretanto, em solos tropicais e subtropicais os estudos com o modelo Century são escassos. Cerri et al. (2004) estudaram os efeitos da mudança do uso da terra na conversão da floresta para pastagem na região amazônica sobre os estoques de C e N do solo utilizando o modelo Century. Já Leite et al. (2004) simularam a dinâmica da MOS em um solo do estado de Minas Gerais sob plantio direto e sob diferentes sistemas de revolvimento utilizando o modelo Century na versão 4.0. Em ambos os estudos o modelo Century apresentou performance aceitável na simulação da dinâmica do C e N do solo, demonstrando que este modelo apresenta potencial para ser usado no estudo da dinâmica do C e N do solo em solos tropicais.

No sul do Brasil, Fernandes (2002), utilizando dados de 13 anos de um Experimento de longa duração, propôs alterações do parâmetro fixo *DEC5* do modelo Century versão 4.0, que representa a decomposição da MOS do compartimento lento. A autora observou que com as alterações propostas o modelo passou a simular adequadamente a dinâmica do C, porém superestimou os estoques de N total já na simulação de equilíbrio do campo nativo, erro que se propagou nos demais blocos de simulação. Com este tema de pesquisa, utilizando o mesmo Experimento de longa duração que Fernandes (2002), Oliveira (2005) desenvolveu um estudo de parametrização do modelo Century versão 4.0 envolvendo o ciclo do C e do N, propondo modificações, sob a orientação dos autores do modelo da Universidade do Estado do Colorado (EUA), nos parâmetros que controlam a relação C/N dos compartimentos lento e passivo, a adição de N pela fixação simbiótica, as perdas de N por volatilização e a decomposição da MOS no compartimento

lento, além da utilização do efeito adicional de cultivo no preparo convencional. Com estas modificações o modelo simulou adequadamente a dinâmica do C e N do solo.

Mais recentemente foi desenvolvida a versão 4.5 do modelo Century, a qual possui parâmetros adicionais e alterações no conceito de alguns já em utilização no modelo na versão 4.0. As principais modificações relacionadas ao processo de decomposição são a inclusão do efeito do pH, a modificação no cálculo do efeito da temperatura e no cálculo da evapotranspiração, que vai modificar o conteúdo de água do solo, conseqüentemente, afetando a decomposição da MOS. Esta versão possui novas variáveis de saída e também pode modelar cenários com alterações climáticas no que se refere à temperatura do ar e precipitação. Richards et al. (2007) estudaram as mudanças no estoque de C e N total do solo numa cronosequência de plantações de pinheiro estabelecidas em uma região subtropical de baixa precipitação na Austrália. As simulações do modelo Century indicaram que os baixos estoques de C sob as plantações de pinheiro eram devido às baixas entradas de C no compartimento lento, o qual continha apenas 45% do C original da floresta após 63 anos de cultivo de pinheiro. Foi observado neste estudo uma correlação significativa entre o C do compartimento lento do modelo e a fração leve da MOS, embora apenas 63% da variação no C lento poderia ser explicada pela fração leve. A declividade da relação indicou que o compartimento lento do modelo incluía mais compostos de C do que apenas materiais de baixa densidade. Para a boa performance do modelo neste estudo numa área subtropical os autores modificaram parâmetros fixos do modelo referentes às taxas de decomposição dos compartimentos ativo, lento e passivo e ao efeito da argila sobre a passagem de C entre esses compartimentos .

O modelo Century foi desenvolvido com base no comportamento da MOS em um ambiente temperado, por isso, devido às diferenças edafoclimáticas entre os ambientes, as quais atuam diferentemente na dinâmica da MOS, fica evidente a necessidade de testar esse modelo em um ambiente subtropical na sua nova versão.

3. HIPÓTESES

O modelo Century 4.5 necessita de modificações nos valores de seus parâmetros para simular adequadamente a dinâmica da MOS sob diferentes sistemas de culturas e preparos do solo em um Argissolo da Depressão Central do Rio Grande do Sul.

A utilização de sistemas de culturas e preparos do solo afeta a dinâmica dos estoques de C e de N total do solo, sendo que o impacto desses sistemas sobre a MOS pode ser avaliado por meio de estudos com modelagem utilizando o modelo Century 4.5.

4. OBJETIVOS

Verificar a necessidade de alteração dos valores originais dos parâmetros do modelo Century 4.5 referentes à dinâmica da MOS em um Argissolo da Depressão Central do RS.

Parametrizar o modelo Century 4.5 em um Argissolo da Depressão Central do RS utilizando valores de adições de C pelas culturas, estoques de C e de N total do solo observados em diferentes sistemas de culturas conduzidos em sistema plantio direto e em sistema preparo convencional utilizados como tratamentos de dois experimentos de longa duração.

Validar o modelo Century 4.5 para um Argissolo da Depressão Central do RS.

Avaliar a dinâmica dos estoques de C e de N total do solo, bem como de seus compartimentos teóricos, sob diferentes sistemas de manejo do solo por meio da modelagem matemática com a utilização do modelo Century 4.5.

Estimar a evolução dos estoques futuros de C e de N total do solo sob diferentes sistemas de culturas e preparos do solo.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Local do estudo

A área onde o estudo foi desenvolvido encontra-se na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), localizada no município de Eldorado do Sul, na região fisiográfica da Depressão Central do Rio Grande do Sul, Brasil (30°51' S e 51°38' W), a uma altitude de 46 m. O clima predominante é o subtropical úmido de verão quente do tipo fundamental Cfa, conforme a classificação de Köppen (Moreno, 1961). Tem precipitação média anual de 1.440 mm e temperatura do ar média mensal variando de 13,9°C (junho) a 24,8°C (janeiro e fevereiro) (Bergamaschi et al., 2003). O solo é classificado como um Argissolo Vermelho Distrófico típico, com presença de caulinita (720 g kg⁻¹) e óxidos de ferro (109 g kg⁻¹) na fração argila da camada de 0 – 20 cm de profundidade.

5.2. Descrição dos experimentos e tratamentos

5.2.1. Experimento 1: Cobertura vegetal como alternativa de recuperação de solos degradados

Este experimento foi instalado em 1983 sobre uma área que estava sendo cultivada com colza e girassol em preparo convencional desde 1970 (Medeiros, 1985) e tem como objetivo avaliar os efeitos de diferentes

seqüências de culturas em plantio direto sobre a recuperação de solos degradados.

O experimento apresenta o delineamento experimental de blocos casualizados com parcelas subdivididas. Nas parcelas principais (16 x 5 m) são cultivados dez sistemas de culturas em sistema plantio direto. As subparcelas (8 x 5 m) constituem-se de dois graus de compactação, compactação original ocasionado pelo cultivo anterior a instalação do experimento com colza e girassol e descompactação provocada por um revolvimento profundo no momento da instalação do experimento. Nas subsubparcelas (4 x 5 m) são aplicadas duas doses de N (uréia) na cultura do milho, que se constituíram de 0 e 120 kg ha⁻¹ até 1993 e, a partir desta data, de 0 e 180 kg ha⁻¹. A descompactação e as doses de N foram aplicadas em faixas perpendiculares às parcelas principais. Em outubro de 1997 foi aplicado calcário na superfície somente nas subparcelas descompactadas na base de 2,0 t ha⁻¹. Neste estudo, estão sendo utilizados os tratamentos descritos na Tabela 5.1.

TABELA 5.1 Tratamentos utilizados do Experimento 1.

Tratamentos	Seqüência de culturas		Dose de N
	Inverno	Verão	kg ha ⁻¹
PD1 A/M	Aveia (<i>Avena strigosa</i>)	Milho (<i>Zea mays</i>)	0 e 180
PD1 A+V/M	Aveia + Vica (<i>Vicia sativa</i>)	Milho	0 e 180
PD1 A+V/M+C	Aveia + Vica	Milho + Caupi (<i>Vigna unguiculata</i>)	0 e 180
PD1 LL+M	Lablabe (<i>Dolichos lablab</i>)	Milho+lablabe	0
PD1 G+M	Guandu (<i>Cajanus cajan</i>)	Guandu+Milho	0

Maiores detalhes sobre o experimento encontram-se em Burle (1995), Medeiros (1985), Bragagnolo (1986), Testa (1989), Fernandes (1998) e Vieira (2007).

5.2.2. Experimento 2: Preparos de solo e sistemas de culturas como alternativa de recuperação de solos degradados

Este experimento foi instalado em 1985 ao lado do Experimento 1 sobre o mesmo solo que se encontrava degradado. O experimento é um trifatorial com parcelas subdivididas composto por três sistemas de preparo (convencional, reduzido e plantio direto) nas parcelas principais (15 x 20 m), três sistemas de cultura (aveia/milho, vica/milho e aveia+vica/milho+caupi) nas subparcelas (5 x 20 m) e duas doses de N aplicadas em faixas na cultura do milho (0 e 120 kg ha⁻¹ até 1993 e, a partir desta data, 0 e 180 kg ha⁻¹) nas subsubparcelas (5 x 10 m).

Para este estudo foram utilizados os tratamentos descritos na Tabela 5.2. Maiores detalhes do Experimento constam em Lovato (2001) e Zanatta (2006).

TABELA 5.2 Tratamentos utilizados do Experimento 2.

Tratamentos	Preparo	Seqüência de culturas		Dose de N kg ha ⁻¹
		Inverno	Verão	
PC A/M	Plantio convencional	Aveia	Milho	0 e 180
PD2 A/M	Plantio direto	Aveia	Milho	0 e 180
PC A+V/M+C	Plantio convencional	Aveia + Vica	Milho + Caupi	0 e 180
PD2 A+V/M+C	Plantio direto	Aveia + Vica	Milho + Caupi	0 e 180

5.2.3. Manejo das culturas utilizadas

Em ambos os experimentos as culturas de inverno são sempre semeadas em abril ou maio em sistema plantio direto. Na primavera (setembro ou outubro) as culturas de invernos são manejadas com rolo faca. Após o manejo destas nos tratamentos em plantio direto é realizada a semeadura do milho sem revolvimento do solo. Nos tratamentos em preparo convencional é

realizado o revolvimento do solo com grade de discos seguido da semeadura do milho.

As culturas de cobertura de verão caupi, lablabe e guandu são semeadas nas entrelinhas aproximadamente 1 mês após a semeadura do milho. O caupi é manejado com rolo faca juntamente com o milho após a colheita. O lablabe senesce no inverno, enquanto o guandu permanece nas parcelas por até 3 anos, sendo desbastado a uma altura de aproximadamente 1,0 m do solo no inverno para propiciar a semeadura do milho na primavera. Todos os anos é realizada irrigação durante o desenvolvimento da cultura do milho. A colheita dos grãos de milho ocorre em fevereiro ou março.

5.3. Avaliações das adições de C e retiradas de N

Para estudos com modelagem da MOS são necessários valores de produção vegetal como produção de matéria seca da parte aérea das culturas, rendimento de grãos e quantidade de N acumulada nos grãos para comparação entre valores observados e simulados.

5.3.1. Experimento 1

Foram recalculadas todas as estimativas de adição de C pelos sistemas de culturas ocorridas nos 26 anos precedentes e relatadas em diversos trabalhos já publicados (Bragagnolo, 1986; Testa, 1989; Pavinato, 1993; Burle, 1995; Vieira, 2007) e procedidas novas avaliações nos anos de 2008 e 2009. Com relação aos anos em que não foi realizada a amostragem da matéria seca da cultura do milho, a matéria seca desta cultura foi estimada pela equação demonstrada por Lovato (2001) onde a produção de matéria seca do milho (Mg ha^{-1}) = $0,96 \times$ rendimento de grãos de milho (Mg ha^{-1}) + 2,91 .

As novas avaliações foram realizadas por meio da coleta da matéria seca das culturas de inverno (aveia e vica) no mês de setembro dos anos 2008 e 2009 numa área de $0,5 \text{ m}^2$. Em relação ao guandu e ao lablabe, foram instaladas bandejas de $0,5 \text{ m}^2$ sobre o solo com o objetivo de coletar as folhas que caem durante o desenvolvimento dessa cultura. A matéria seca das folhas do lablabe foi somada à matéria seca que foi coletada após a primeira geada no inverno numa área de $0,5 \text{ m}^2$. Já a quantidade de folhas coletadas no tratamento com guandu foi somada àquela coletada no momento do manejo

desta cultura, que ocorre na entrada da primavera. As amostras coletadas foram secas em estufa a 65°C por 72 horas e pesadas .

A adição de matéria seca pelas raízes foi estimada como sendo 30% daquela obtida para a parte aérea das culturas (Zanatta et al., 2007), a qual é um valor médio calculado com dados obtidos de Fehrenbacher & Alexander (1955), Buyanovsky & Wagner (1986), Balesdent & Balabane (1992), Crozier & King (1993), Bolinder et al. (1997) e Kissele et al. (2001). Ao ser obtida a adição média de matéria seca das culturas, a adição de C foi estimada através do pressuposto de que 40% da matéria seca das culturas é composta por C (Burle et al., 1997; Bayer et al., 2000a).

O N exportado pela colheita de grãos foi estimado por meio da equação apresentada por Lovato (2001) que relaciona o rendimento de grãos com a quantidade de N absorvido pelos grãos de milho.

5.3.2. Experimento 2

A adição média anual de C das culturas foi obtida por meio de dados já publicados em Lovato (2001) e em Zanatta (2006). A adição pelas culturas e exportação de N pela colheita de grãos de milho também foram estimadas a partir dos dados de Lovato (2001) e de Zanatta (2006).

5.4. Avaliação dos estoques de C e N total do solo

Com o objetivo de comparar os estoques observados e simulados pelo modelo nos dois experimentos foi feito um levantamento da evolução dos estoques de C e N total através da obtenção desses valores nas diversas teses e dissertações realizadas durante o período de condução dos experimentos.

5.4.1. Experimento 1

As concentrações de C e N total no solo foram obtidas de Teixeira (1988), Testa (1989), Pavinato (1993), Burle (1995), Bayer (1996), Pillon (2000), Vieira (2007) e Weber (2008). As concentrações de C no solo foram avaliadas pelo método de combustão úmida Walkley–Black (Nelson & Sommers, 1996) até 2002, a partir de 2003 as avaliações foram realizadas por combustão seca em equipamento SHIMADZU TOC-V CSH. Para se poder

comparar os estoques dos diferentes anos de avaliação, as concentrações de C obtidas pelo método Walkley–Black foram multiplicadas por um fator de 0,9422. Este fator de correção foi determinado em estudos anteriores de comparação de resultados obtidos pelos dois métodos (Dieckow, 2003). As concentrações de N no solo foram avaliadas pelo método de Kjeldhal, descrito em Tedesco et al. (1995). Para o cálculo dos estoques de C e de N da camada de 0 – 20 cm de profundidade foi utilizado o método da massa equivalente (Ellert & Bettany, 1996). Foram utilizadas as densidades obtidas em área sob campo nativo (Lovato, 2001) próxima aos experimentos como as densidades referências (Tabela 5.3).

TABELA 5.3 Densidades do solo no campo nativo utilizadas como densidade referência no cálculo dos estoques de carbono e de nitrogênio pelo método da massa equivalente.

Profundidade (cm)	Densidade (Mg m ⁻³)
0 – 2,5	1,49
2,5 - 5,0	1,51
5,0 – 7,5	1,51
7,5 – 12,5	1,63
12,5 – 17,5	1,63
17,5 – 20,0	1,63

5.4.2. Experimento 2

As concentrações de C e N total foram obtidas de Bayer (1992), Bayer (1996), Lovato (2001) e Zanatta (2006). Os estoques de C obtidos antes do ano de 2003 foram corrigidos multiplicando-se o valor por 0,9422 (Dieckow, 2003). Os estoques de todos os anos foram calculados em massa equivalente (Ellert & Bettany, 1995), utilizando as densidades do campo nativo (Tabela 5.3).

5.5. Descrição do modelo

O modelo Century versão 4.5 compreende um conjunto de programas e arquivos interligados. Dentre os arquivos necessários referentes

ao ambiente de estudo estão o arquivo local denominado SITE.100 e os arquivos de manejo .SCH. No arquivo SITE.100 encontram-se todas as informações referentes à localização geográfica, ao clima e ao solo do local. Nos arquivos de manejo ou cenário .SCH encontra-se a descrição detalhada das práticas de manejo realizadas e dos eventos ocorridos, bem como a sua localização no tempo. As atividades indicadas nos arquivos de manejo são encontradas nos arquivos acessórios denominados .100, os quais apresentam informações referentes ao preparo do solo (CULT.100), culturas utilizadas (CROP.100), tipo de colheita (HARV.100), tipo de floresta (TREE.100), método de remoção da floresta (TREM.100), tipo e quantidade de fertilizantes (FERT.100), irrigação (IRRI.100), pastejo (GRAZ.100), utilização de fogo (FIRE.100) e adição de material orgânico ao solo (OMAD.100). Para cada tratamento dos experimentos em estudo há um arquivo .SCH correspondente.

Além destes arquivos acessórios há o arquivo denominado FIX.100, o qual contém os parâmetros fixos das equações referentes a dinâmica da MOS, como taxas de decomposição, relações C/N, C/S e C/P e fluxos entre os diferentes compartimentos, frações de N perdidas por volatilização e lixiviação, disponibilidade de nutrientes para as plantas, efeito da fração argila sobre o fluxo de MOS entre os compartimentos, entre outros. Este arquivo é escolhido em função do bioma da região na qual é realizado o estudo, que neste caso refere-se ao bioma mesic/subhumid grassland, referente ao campo nativo com regime de temperatura mésico e com regime de chuvas subúmido.

5.6. Inicialização do modelo Century 4.5

A inicialização do modelo consiste na obtenção de dados necessários para a execução do modelo. Nesta etapa são obtidas as variáveis de entrada para o arquivo local, referentes aos dados climatológicos e de solo. O modelo possui como principais variáveis de entrada a temperatura do ar, a precipitação mensal, o conteúdo de C, N, P, S e lignina do material vegetal, teor de areia, silte e argila do solo e aporte de N ao solo e da atmosfera.

Estas informações foram obtidas da seguinte forma:

5.6.1. Dados climatológicos

Como variáveis climáticas de entrada o modelo necessita da precipitação, temperatura máxima e mínima mensal. Para o período da simulação de equilíbrio foram utilizados os valores médios de 30 anos de precipitação e temperatura máxima e mínima mensal (Moreno, 1961) da região de Porto Alegre (Tabela 5.4), enquanto que para o período de 1970 a 2008 foram utilizados os valores mensais obtidos na estação meteorológica da EEA (Apêndice 1).

TABELA 5.4 Precipitação, temperatura máxima e mínima mensal média de 30 anos da região de Porto Alegre (Moreno, 1961).

Mês	Precipitação	Temperatura máxima	Temperatura mínima
	-----cm-----	-----°C-----	
Janeiro	10,2	30,4	19,7
Fevereiro	8,9	30,0	19,7
Março	9,3	28,5	18,3
Abril	11,8	25,3	15,5
Mai	12,5	21,9	12,2
Junho	13,0	19,2	9,8
Julho	12,3	18,9	9,2
Agosto	13,4	19,9	10,3
Setembro	12,3	21,3	12,1
Outubro	10,1	23,5	13,8
Novembro	9,2	26,5	15,8
Dezembro	9,2	29,1	17,9

5.6.2. Solo

Os teores de areia, silte e argila, bem como a densidade e o pH do solo foram obtidos de Oliveira (2005), conforme Tabela 5.5.

TABELA 5.5 Atributos químicos e físicos para a camada arável (0-20 cm) do solo utilizado na parametrização do modelo Century 4.5.

Solo	Granulometria			Densidade	pH
	Areia	Silte	Argila	do solo	
	-----g kg ⁻¹ -----			Mg m ⁻³	
PVd	517	262	229	1,55	5,1

5.6.3. Planta

Foram utilizados dados usuais das culturas do banco de dados do próprio modelo (valores originais) para algumas culturas. Para outras foram feitos alguns ajustes para que dados simulados fossem coerentes com os dados obtidos a campo e também foram criadas novas culturas que não eram contempladas no banco de dados do modelo.

5.6.4. Execução de equilíbrio

A execução de equilíbrio consiste numa simulação de 4000 a 10000 anos sob a vegetação nativa da área em estudo. Neste estudo a simulação de equilíbrio foi realizada por 6000 anos na condição de campo nativo. Essa simulação é realizada para que todas as variáveis de saída do modelo se estabilizem. Nas primeiras simulações de equilíbrio foram utilizados valores originais dos parâmetros fixos, mas à medida que eram feitas modificações nos valores destes parâmetros esta simulação era refeita com os novos valores.

5.7. Criação dos cenários de manejo (arquivos .SCH)

Para cada tratamento é necessário criar um arquivo acessório.SCH que contém o cenário de manejo o qual é composto por blocos de simulação. Cada bloco contém as informações do tipo de utilização da área com seu tipo de manejo adotado em um determinado período. Neste arquivo estão localizadas as informações referentes às culturas utilizadas (espécie, mês de semeadura e de senescência), aos preparos do solo (tipo e mês de ocorrência), à irrigação (mês de ocorrência e quantidade de água aplicada), à fertilização mineral (quantidade aplicada e mês da aplicação), à colheita (forma e mês de ocorrência) e à erosão (mês de ocorrência e quantidade de solo perdida). No presente estudo o arquivo.SCH foi composto por 4 blocos de

simulação, onde no primeiro bloco encontram-se as informações referentes à vegetação nativa daquele ambiente, no segundo bloco o manejo da agricultura sob preparo convencional e no terceiro bloco as informações relativas aos tratamentos dos Experimentos 1 e 2. Portanto, para todos os tratamentos, o primeiro bloco de simulação consistiu na simulação de equilíbrio com a vegetação nativa do local, o campo nativo, até 1969. O segundo bloco, com início em 1970, consistiu num período de 13 anos de cultivo de colza e girassol com preparo convencional do solo, período este anterior à instalação dos Experimentos 1 e 2. O terceiro bloco de simulação contém as informações de manejo referentes a cada tratamento dos Experimentos 1 e 2 deste 1983 até 2009. Para a simulação de previsão dos estoques futuros, o quarto bloco conteve as mesmas informações do bloco 3, porém com início em 2010 e término em 2060.

Na Tabela 5.6 encontram-se as práticas de manejo que foram consideradas para a construção dos arquivos de manejo dos tratamentos do Experimento 1 e 2.

TABELA 5.6 Práticas de manejo utilizadas para as simulações no período de 1983 a 2060.

Meses do ano	Práticas de manejo
Janeiro	Irrigação ¹
Fevereiro	Irrigação ¹
Março	Colheita do milho ¹
	Aplicação de herbicida ²
Abril	Manejo com rolo-faca ²
	Semeadura das culturas de inverno ²
Junho	Senescencia da cultura de verão Lablabe ³
Agosto	Senescência das culturas de inverno ²
	Senescência da cultura de verão Guandu ⁴
Setembro	Aplicação de herbicida ⁵
	Manejo com rolo-faca ⁵
	Revolvimento do solo ⁶
Outubro	Semeadura das culturas de verão ⁷
Novembro	Irrigação ¹
	Aplicação da adubação mineral nitrogenada ⁸
Dezembro	Irrigação ¹
	Perda de solo por erosão ⁹

¹Aplicada em todos os tratamentos; ²Não aplicadas nos tratamentos LL+M e G+M; ³Ocorrida no tratamento LL+M; ⁴Ocorrida no tratamento G+M; ⁵Não aplicada no tratamento G+M; ⁶Aplicada apenas nos tratamentos em PC; ⁷Aplicada em todos os tratamentos; ⁸Aplicada apenas nos tratamentos com adubação nitrogenada mineral; ⁹Aplicada em todos os tratamentos com perda de solo de 0,5 g m⁻² no PC e 0,01 g m⁻² no PD.

5.8. Parametrização do Modelo Century 4.5

Esta etapa consiste na modificação dos valores originais dos parâmetros do modelo até que as variáveis de saída estejam coerentes com os dados reais obtidos a campo. Neste estudo foram alterados parâmetros referentes às culturas utilizadas (CROP.100), aos preparos de solo (CULT.100) e parâmetros fixos do modelo (FIX.100).

5.8.1. Parâmetros do CROP.100

Sempre é necessário modificar os valores dos parâmetros das culturas utilizadas até que a produção vegetal simulada pelo modelo esteja semelhante àquela obtida a campo. Isto é devido ao submodelo de produção vegetal do modelo Century ser bastante simples, ou seja, ele não considera algumas características do ambiente que são determinantes para a produtividade das culturas, como pH, disponibilidade de outros nutrientes e elementos tóxicos. Além destes, características genéticas das culturas e ataques de pragas e doenças também não são contemplados pelo modelo.

Primeiramente, cabe ressaltar que o modelo Century apenas simula culturas solteiras e não consorciadas como é o caso de vários tratamentos deste estudo. Devido a este problema, para a simulação com culturas consorciadas são criadas culturas fictícias dentro do arquivo CROP.100, as quais possuem valores dos parâmetros que tentam representar o consórcio como uma cultura solteira.

Com relação aos parâmetros das culturas aveia, aveia+vica, milho e milho+caupi, estes foram obtidos de Oliveira (2005) que trabalhou com a versão 4.0 do modelo no Experimento 2. Entretanto, devido às novas estimativas das adições de C, rendimento de grãos de milho e retirada de N pela colheita de grãos, foram feitos ajustes de alguns parâmetros dessas culturas para poder melhor representar a produção vegetal do ambiente em estudo. Para o tratamento A+V/M+C foram criadas duas culturas diferentes para representar a cultura consorciada milho+caupi, uma para o tratamento sem adubação nitrogenada mineral com uma produção de biomassa menor e outra para o tratamento com N com uma produção de biomassa e rendimento de grãos maior. Isso se deve ao fato do modelo interpretar a cultura fictícia criada como uma cultura que não deve ter alta resposta ao N aplicado como adubo devido esta poder fixar N. Entretanto, os dados obtidos dos experimentos mostram que o milho consorciado ao caupi produz muito mais biomassa e rendimento de grãos quando recebe adubação nitrogenada mineral.

Para o tratamento LL+M foi criada uma cultura fictícia que representa a mistura milho e lablabe, sendo que seus parâmetros foram

baseados nos da cultura milho+caupi utilizados por Oliveira (2005). Para o tratamento G+M, devido à sua peculiaridade de ser cultivado como cultura perene durante 2 ou 3 anos nas entrelinhas do milho e ser semeado a cada 2 ou 3 anos, foram criadas 2 culturas fictícias, uma representando o primeiro ano de crescimento do guandu somado ao milho e outra representando o guandu no segundo ano de crescimento somado ao milho. Para o terceiro ano foi criada uma cultura representando apenas o guandu, já que no terceiro ano de desenvolvimento desta cultura na área experimental geralmente o milho não se desenvolve adequadamente.

Outra mudança realizada em relação aos valores dos parâmetros utilizados por Oliveira (2005) foi o aumento do teor de lignina das leguminosas. A decisão de aumentar o teor de lignina dessas culturas foi baseada no trabalho desenvolvido por Lassus (1990) no Experimento 1 o qual observou maiores teores de lignina nos resíduos coletados em setembro nos tratamentos com leguminosas, sendo que aqueles com leguminosas de verão apresentavam teores maiores do que os com leguminosas de inverno.

Com relação aos novos parâmetros da versão 4.5 do modelo Century, este possui 15 parâmetros adicionais no arquivo CROP.100 em relação à versão 4.0, além da modificação no conceito do parâmetro PRDX(1), que na versão anterior era definido como a produção potencial mensal da parte aérea de cada cultura. Na nova versão o PRDX(1) representa o coeficiente usado para o cálculo da produção potencial em função da radiação solar. O valor recomendado para este parâmetro é de 0,5. Entretanto, o valor deste parâmetro foi alterado no presente estudo até que as adições de C simuladas pelo modelo estivessem coerentes com as observados no Experimento. Os demais parâmetros novos continuaram com os valores originais.

Os parâmetros modificados em relação aos utilizados por Oliveira (2005) e os alterados para criação das novas culturas encontram-se nas Tabelas 5.7 e 5.8.

TABELA 5.7 Valores dos parâmetros do CROP.100, referentes à dinâmica do C, utilizados neste estudo para as culturas dos Experimentos 1 e 2.

Cultura	PRDX(1)	HIMAX ¹	FRTC(1) e (2) ²	FLIGNI(1,1) ³	FLIGNI(1,2) ⁴
Aveia	0,4	0,3	0,3	0,15	0,06
Aveia+vica	0,5	0,35	0,3	0,15	0,06
Campo nativo	0,53	-	-	0,02	0,26
Colza	0,45	0,28	0,15	0,15	0,06
Girassol	0,3	0,3	0,15	0,12	0,06
Guandu	1,5	0,1	0,2	0,24	0,14
Guandu+milho primeiro ano	0,5	0,3	0,2	0,16	0,08
Guandu+milho Segundo ano	0,65	0,25	0,2	0,22	0,1
Milho	0,5	0,45	0,2	0,12	0,06
Milho+caupi sem N	0,57	0,28	0,2	0,19	0,08
Milho+caupi com N	0,7	0,42	0,2	0,19	0,08
Lablabe+milho	0,6	0,25	0,2	0,22	0,12

¹ Índice máximo de colheita.

² Fração de C inicial (1) e final(2) alocada nas raízes.

³ Intercepto da equação que prediz a fração de lignina na parte aérea da cultura baseada na precipitação anual.

⁴ Intercepto da equação que prediz a fração de lignina nas raízes da cultura baseada na precipitação anual.

TABELA 5.8 Valores dos parâmetros do CROP.100, referentes à dinâmica do N, utilizados neste estudo para as culturas dos Experimentos 1 e 2.

Cultura	EFRGRN(1) ¹	PRAMN(1,1) ²	PRAMN(1,2) ²	PRAMX(1,1) ³	PRAMX(1,2) ³	SNFXMX(1) ⁴
Aveia	0,85	60	100	70	200	0
Aveia+vica	0,6	8,78	35	17,5	70	0,03
Campo nativo	-	37	110	35	95	0,002
Colza	0,85	12	40	45	100	0
Girassol	0,85	30	62,5	55	125	0
Guandu	0,15	8,77	46,25	10	80	0,03
Guandu+milho primeiro ano	0,38	20	62,5	35	125	0,01
Guandu+milho segundo ano	0,3	15	50	30	100	0,03
Milho	0,7	30	62,5	55	125	0
Milho+caupi sem N	0,25	8,77	46,25	10	80	0,03
Milho+caupi com N	0,32	8,77	46,25	10	80	0,03
Lablabe+milho	0,20	8,77	46,25	10	80	0,045

¹ Fração do N da parte aérea da cultura que vai para o grão.

² Mínima relação C/N no início (1,1) e final (1,2) do desenvolvimento da cultura.

³ Máxima relação C/N no início (1,1) e final (1,2) do desenvolvimento da cultura.

⁴ Fixação simbiótica máxima da cultura (g N fixado g⁻¹ C).

5.8.2. Parâmetros do FIX.100

Devido à superestimação dos estoques de C e de N total na camada de 0 – 20 cm de profundidade obtidos nas simulações realizadas pelo modelo Century 4.5 com os valores originais dos parâmetros fixos nos tratamentos do Experimento 1 foi realizada, então, a modificação de valores de alguns parâmetros fixos do modelo.

Primeiramente, escolheu-se os tratamentos A/M com N, A+V/M sem N e com N do Experimento 1 para fazer as primeiras simulações e testar ajustes nos parâmetros para simular adequadamente a dinâmica do C. Os estoques de C e de N total na camada de 0 – 20 cm de profundidade

observados nestes tratamentos ao longo da condução do experimento desde sua instalação foram utilizados para guiar as modificações realizadas.

Foram testadas várias combinações de alterações nos parâmetros DEC4 e DEC5, os quais representam a máxima taxa de decomposição dos compartimentos passivo e lento da MOS, respectivamente. Após vários testes, o valor do parâmetro DEC4 foi aumentado, enquanto o do parâmetro DEC5 foi mantido com o valor original (Tabela 5.9). Após esta etapa procedeu-se alterações nos parâmetros referentes à dinâmica do N. Para isso testaram-se combinações de valores para os parâmetros VARAT2(1,1) e VARAT3(1,1), os quais controlam a relação C/N do material que entra nos compartimentos lento e passivo da MOS. Para ambos os parâmetros foram utilizados valores superiores aos originais, já que os estoques de N estavam sendo superestimados pelo modelo.

TABELA 5.9 Parâmetros do FIX.100 utilizados na simulação nos tratamentos dos Experimentos 1 e 2.

Parâmetro	Valor original	Valor utilizado
DEC4 ¹	0,0045	0,0057
VARAT2(1,1) ²	18	25
VARAT3(1,1) ³	8	15,6
VLOSSG ⁴	1	0,01

¹ Máxima taxa de decomposição da MOS do compartimento passivo.

² Máxima relação C/N do material que entra no compartimento lento da MOS.

³ Máxima relação C/N do material que entra no compartimento passivo da MOS.

⁴ Fator, função da textura do solo baseado no conteúdo de argila, com efeito multiplicativo na perda de N por volatilização em função da mineralização bruta.

Nesta nova versão foi modificada a função do parâmetro VLOSSG, que anteriormente era a fração mensal de perda de N por volatilização em função da mineralização bruta. Agora este parâmetro é dinâmico e é função da textura do solo com base no conteúdo de argila. O valor utilizado para as simulações deste estudo encontra na Tabela 5.9. Os demais parâmetros adicionados nesta nova versão do modelo, bem como os parâmetros que tiveram sua definição modificada, continuaram com os valores originais.

5.8.3. Parâmetros do CULT.100

Para a parametrização do modelo através do arquivo CULT.100 foram utilizados os tratamentos A/M com N, A+V/M sem N e com N do primeiro experimento e o tratamento PC A/M com N do Experimento 2.

Para o período anterior à instalação do experimento, no qual foi cultivado colza e girassol, foram utilizadas as formas de cultivo aração e gradagem, sendo realizadas modificações nos valores de seus parâmetros até que os estoques de C e N decrescessem do valor observado no campo nativo ao valor obtido quando da instalação dos experimentos.

Para o período experimental foram aumentados os valores dos parâmetros dos cultivos referentes ao plantio convencional e ao plantio direto contidos na Tabela 5.10. Nos tratamentos com preparo convencional também foi utilizado o efeito adicional de cultivo no mês seguinte ao preparo (Oliveira, 2005). A utilização do efeito adicional de cultivo tenta corrigir uma falha do modelo em que os fatores de cultivo para a decomposição dos compartimentos ativo, lento e passivo afetam apenas a decomposição somente no mês de preparo do solo, não sendo suficientes para representar o impacto provocado pelo revolvimento do solo (Oliveira, 2005).

TABELA 5.10 Valores originais e utilizados nos parâmetros no arquivo CULT.100.

Parâmetro	Preparo Convencional		Plantio Direto		Efeito adicional de cultivo
	Original	Utilizado	Original	Utilizado	Utilizado
CLTEFF(1) ¹	1,6	2,0	1,0	1,1	4,0
CLTEFF(2) ²	1,6	2,0	1,0	1,1	4,0
CLTEFF(3) ³	1,6	2,0	1,0	1,1	4,0
CLTEFF(4) ⁴	1,6	2,0	1,0	1,1	4,0

¹ Fator de cultivo para a decomposição do compartimento ativo da MOS, funciona como um multiplicador para o aumento da decomposição no mês de cultivo.

² Fator de cultivo para a decomposição do compartimento lento da MOS, funciona como um multiplicador para o aumento da decomposição no mês de cultivo.

³ Fator de cultivo para a decomposição do compartimento passivo da MOS, funciona como um multiplicador para o aumento da decomposição no mês de cultivo.

⁴ Fator de cultivo para a decomposição do compartimento estrutural do solo, funciona como um multiplicador para o aumento da decomposição no mês de cultivo.

5.9. Validação do modelo

Esta etapa tem como objetivo testar se os valores simulados se ajustam aos valores observados. Para esse teste devem ser utilizados dados ou situações que não foram utilizados na parametrização do modelo. Para este estudo foram utilizados os tratamentos que não foram utilizados na parametrização dos arquivos CULT.100 e FIX.100 (PD1 A/M sem N, PD1 A+V/M+C sem e com N, PD1 LL+M sem N e PD1 G+M sem N do Experimento 1 e os tratamentos PD2 A/M com e sem N, PD2 A+V/M+C sem e com N, PC A/M sem N e PC A+V/M+C sem e com N do Experimento 2).

5.9.1. Análise estatística

A acurácia das simulações em relação aos dados observados foi verificada através da estatística representada pela raiz quadrada do erro (RQEM), pela análise de falta de ajuste (LOFIT) e pelo coeficiente de correlação (r) entre os dados simulados e observados, calculados por meio de programa estatístico em MS[®] EXCEL estabelecido para modelos baseado em Smith et al. (1997).

5.10. Estimativas dos estoques futuros

Após a validação do modelo com os ajustes realizados foram feitas simulações dos estoques de C e N total até o ano de 2060 em todos os tratamentos de ambos os experimentos.

5.11. Variáveis de saída estudadas

Neste estudo foram avaliadas as variáveis de saída referentes à dinâmica do C e N do solo, bem como variáveis de produção vegetal e variáveis relacionadas às perdas de N do ambiente em estudo (Tabela 5.11).

TABELA 5.11 Variáveis de saída obtidas nas simulações do modelo Century 4.5 utilizadas neste estudo.

Sigla	Conceito
CINPUT	Adição anual de C
EGRAIN (1)	Quantidade de N alocada nos grãos
SNFXAC(1)	N fixado simbioticamente
SOILNM(1)	Acumulador anual da mineralização líquida de N dos compartimentos de solo (MOS, liteira subsuperficial e raízes mortas)
SOMSC	Carbono orgânico total do solo (SOM1C(2)+SOM2C+SOM3C)
SOM1C(2)	Carbono do compartimento orgânico ativo do solo
SOM2C	Carbono do compartimento orgânico lento do solo
SOM3C	Carbono do compartimento orgânico passivo do solo
SOMSE(1)	nitrogênio total do solo (SOM1E(2,1)+SOM2E+SOM3E)
SOM1E(2,1)	Nitrogênio do compartimento orgânico ativo do solo
SOM2E(1)	Nitrogênio do compartimento orgânico lento do solo
SOM3E(1)	Nitrogênio do compartimento orgânico passivo do solo
STREAM(2)	N mineral lixiviado
TNETMN(1)	Acumulador anual da mineralização líquida de N proveniente de todos os compartimentos
VOLEAC(1)	Acumulador anual das perdas voláteis de N em função do N mineral remanescente no solo após a absorção das plantas
VOLGAC(1)	Acumulador anual das perdas voláteis de N em função da mineralização bruta

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados inicialmente os resultados da parametrização e validação do modelo e ao final serão discutidos os efeitos de cada tratamento sobre a evolução dos estoques de C e N do solo projetados pelo modelo até o ano de 2060.

6.1. Parametrização do modelo Century 4.5

Esta etapa da pesquisa com o modelo compreende três blocos: execução de equilíbrio por 6000 anos no campo nativo, período com colza e girassol anterior ao experimento (1970-1982) e período experimental (1983-2005). As modificações nos parâmetros do FIX.100, CROP.100 e CULT.100 (Tabelas 5.7, 5.8, 5.9 e 5.10) foram feitas simultaneamente até atingir os valores estimados próximos aos valores observados dos estoques de C e N do solo e da adição de C pelas culturas no período experimental

6.1.1. Execução de equilíbrio (0 a 6000 anos)

Os estoques de C e N simulados e observados no campo nativo da área experimental encontram-se na Tabela 6.1. Os ajustes foram feitos nos parâmetros DEC4, VARAT2(1,1) e VARAT3(1,1) do arquivo FIX.100 (Tabela 5.9) para que os estoques simulados de C e N ficassem próximos aos observados. Pode-se observar que com os ajustes feitos nos parâmetros do FIX.100 os valores simulados ficaram próximos aos observados de C e N total. Com relação à adição de C no campo nativo não há dados medidos para verificar a adição simulada pelo modelo, por isso foi utilizada a adição

correspondente à condição em que o estoque de C fosse o mais próximo possível do valor observado, valendo-se de modificações no parâmetro PRDX(1) do arquivo CROP.100 (Tabela 5.7). No entanto, a adição de C do campo nativo no presente estudo ficou superior à adição estimada por Fernandes (2002) de 5,99 Mg ha⁻¹ e por Oliveira (2005) de 6,89 Mg ha⁻¹.

TABELA 6.1 Adição anual de carbono, carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e relação C/N observados e simulados no campo nativo pelo modelo Century 4.5.

Valor	Adição de C	COT	NT	C/N
	Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹	-----Mg ha ⁻¹ -----		
Simulado	8,66	43,38	3,48	12,46
Observado ¹	-	43,37	3,47	12,5

¹ Valores apresentados por Diekow (2003).

Na Figura 6.1 é apresentada a dinâmica dos compartimentos de C e de N na execução de equilíbrio, na qual pode-se observar que a estabilização dos compartimentos ocorreu após aproximadamente 4000 anos. O estoque de C no compartimento lento superou o do C passivo em 5,28 Mg ha⁻¹. O C lento se estabilizou em 23,57 Mg ha⁻¹ (54,3 % do COT), enquanto o C passivo em 18,29 Mg ha⁻¹ (42,2%). Com relação à dinâmica do N, a relação entre os compartimentos lento e passivo do N total foi inversa à do C. O N do compartimento passivo superou o do N lento em 1,05 Mg ha⁻¹ (Tabela 6.2). A distribuição dos compartimentos de C e de N no campo nativo está próxima às observadas por Fernandes (2002) e Oliveira (2005). Fernandes (2002) observou que 44,1% do C estava no compartimento passivo e 50,2% no lento. Já Oliveira (2005) encontrou 43% do C no passivo e 51,8% no lento, enquanto que para o N foi observado 64,6% no compartimento passivo e 30,7% no lento.

Leite et al. (2004), simulando os compartimentos da MOS no equilíbrio em um Argissolo Vermelho-amarelo da Floresta Atlântica no Brasil com a versão 4 do modelo Century, observaram que 70,2% da MOS encontrava-se no compartimento passivo, enquanto 27,2% encontrava-se no compartimento lento. A diferença entre os tamanhos dos compartimentos lento e passivo entre este estudo e o de Leite et al. (2004) pode ser explicada pela diferença de textura entre os solos, pois o estudo deste autor foi realizado num solo com 46% de argila, enquanto na presente pesquisa o solo possui 23%. O

maior conteúdo de argila promove maior passagem do C do compartimento lento para o passivo, promovendo o aumento deste. Além disso, na presente pesquisa foi alterado o valor do parâmetro DEC4 para 0,0057, o que também modificou o tamanho dos compartimentos.

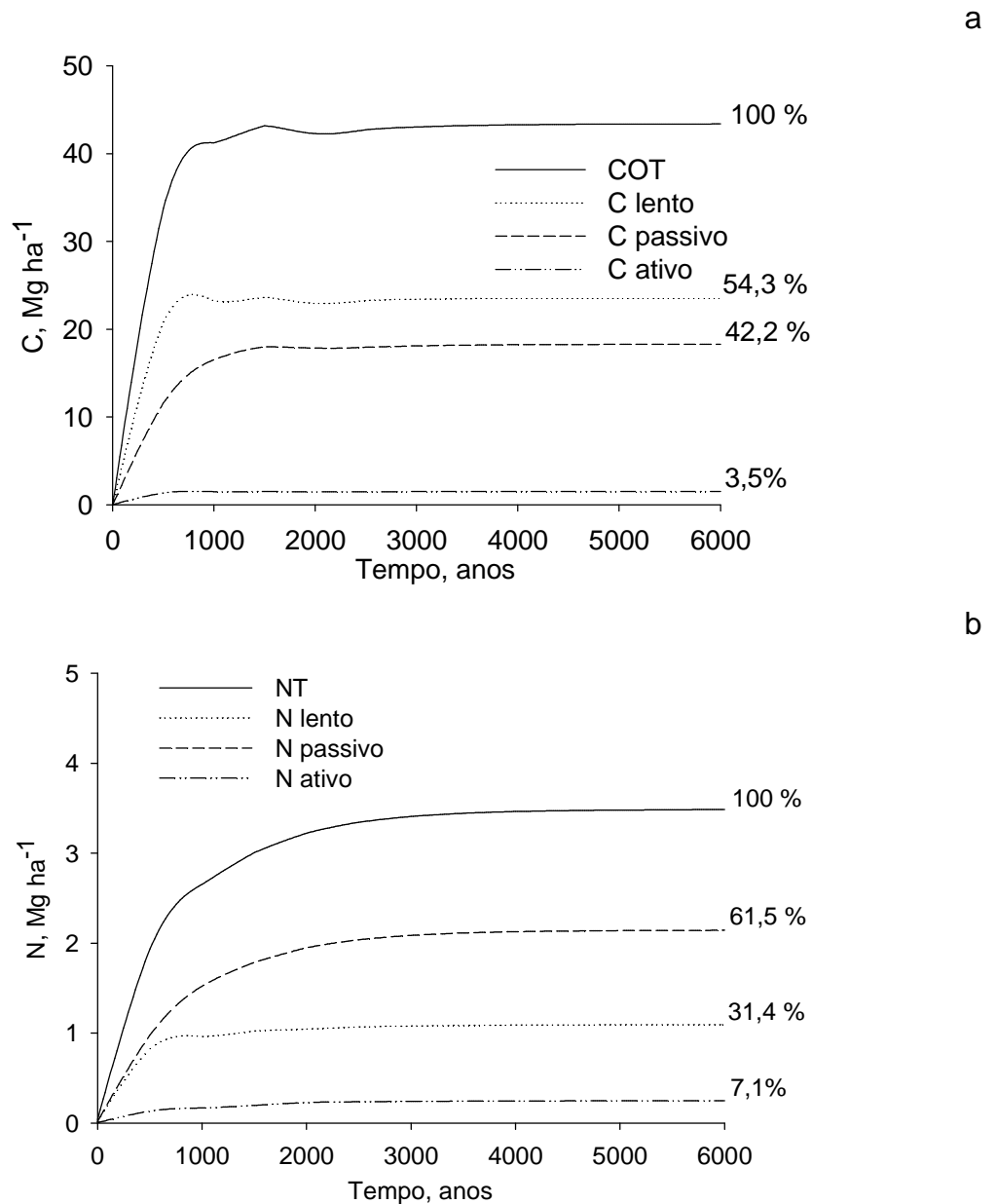


FIGURA 6.1 Dinâmica dos compartimentos do C (a) e do N (b) na simulação de equilíbrio de 6000 anos do campo nativo estimada pelo modelo Century 4.5.

TABELA 6.2 Carbono (C), nitrogênio (N) e relação C/N estimadas pelo modelo Century 4.5 nos diversos compartimentos para o campo nativo ao final da simulação de equilíbrio (1970).

	Compartimento		
	Ativo	Lento	Passivo
C (Mg ha ⁻¹)	1,52	23,57	18,29
N (Mg ha ⁻¹)	0,25	1,09	2,14
C/N	6,13	21,54	8,55

6.1.2. Ajuste dos parâmetros do período com colza e girassol

O período de cultivo por 13 anos de colza e girassol com revolvimento intenso do solo promoveu, a partir do campo nativo, uma perda de aproximadamente 10 Mg ha⁻¹ de C e de 0,38 Mg ha⁻¹ de N, além de ter levado à degradação física do solo (Medeiros, 1985). Essa perda de MOS se deve ao intenso revolvimento com enxada rotativa e às baixas adições de C pelas culturas utilizadas. Foram feitos ajustes nos parâmetros fixos do modelo com o objetivo de proporcionar uma simulação dos estoques de C e N total do solo coerente com os valores observados (Tabela 6.3). Assim como ocorreu com o campo nativo, não há dados observados de adição de C pelas culturas utilizadas neste período, adotando-se um valor de 4,00 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, valor este coerente com as adições pelas culturas utilizadas, obtido pelo ajuste em parâmetros do CROP.100 (Tabela 5.7 e 5.8).

TABELA 6.3 Adição anual de carbono, carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e relação C/N observados na área experimental após 13 anos de cultivo com colza e girassol e simulados pelo modelo Century 4.5.

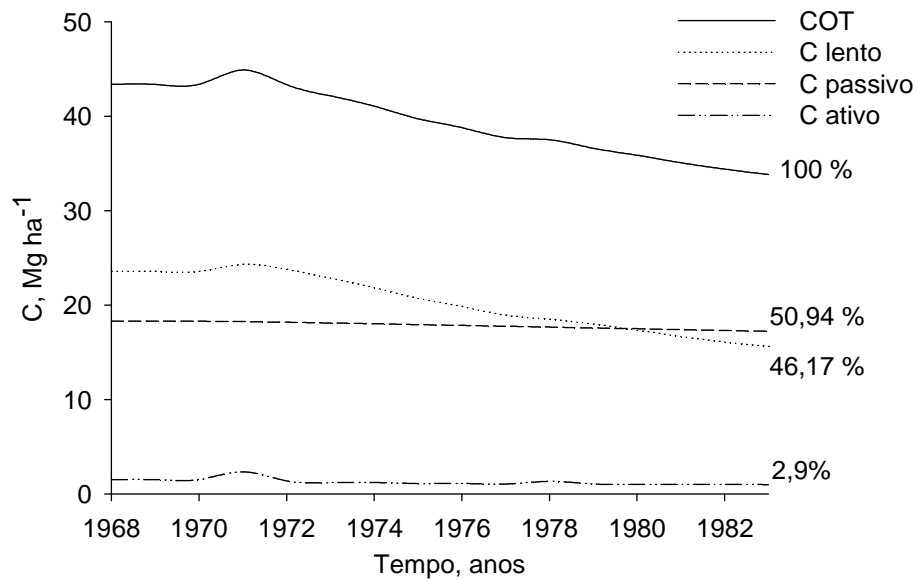
Valor	Adição de C	COT	NT	C/N
	Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹	-----Mg ha ⁻¹ -----		
Simulado	4,00	33,82	3,16	10,7
Observado	-	33,4	3,09	10,8

Como pode ser observado na simulação da dinâmica temporal dos compartimentos do C do solo pelo modelo Century ao final do 13º ano, a maior parte da perda total de C ocorreu no compartimento lento, 7,96 Mg ha⁻¹ (Figura 6.2a), o qual é definido pelo modelo como um compartimento mais lábil que o

passivo. A maior perda de N também ocorreu no compartimento lento, 0,18 Mg ha⁻¹ (Figura 6.2b).

Observa-se que o compartimento lento é o que possui a maior relação C/N tanto sob campo nativo e após 13 anos de cultivo com colza e girassol (Tabela 6.2 e 6.4) e é aquele que sofreu a maior alteração nesta variável. Com o cultivo ocorreu o decréscimo na relação C/N total do solo, o que é devido à maior perda proporcional de C no compartimento lento em relação à perda de N, associada à menor relação C/N do compartimento passivo, o qual apresentou menores perdas.

a



b

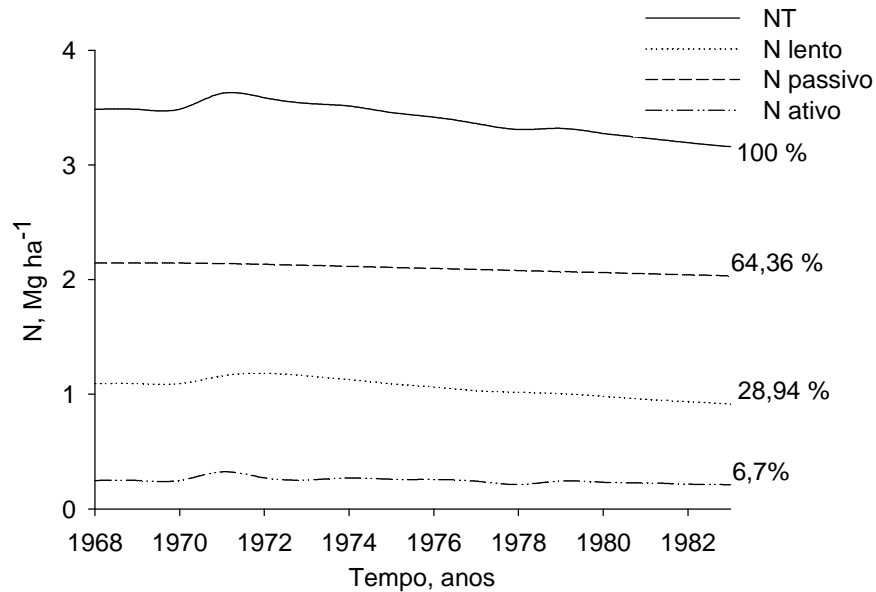


FIGURA 6.2 Dinâmica temporal dos compartimentos do C (a) e do N (b) na simulação do período de 13 anos de cultivo de colza e girassol pelo modelo Century 4.5.

TABELA 6.4 Carbono (C), nitrogênio (N) e relação C/N estimadas pelo modelo Century 4.5 nos diversos compartimentos para o final do período com cultivo de colza e girassol.

	Compartimento		
	Ativo	Lento	Passivo
C (Mg ha^{-1})	0,98	15,61	17,22
N (Mg ha^{-1})	0,21	0,91	2,03
C/N	4,64	17,08	8,47

6.1.3. Ajustes dos parâmetros no período experimental

Nesta etapa da parametrização foram utilizados os tratamentos PD1 A/M com N, PD1 A+V/M sem e com N do Experimento 1 e o PC A/M com N do Experimento 2. Com as alterações dos parâmetros do arquivo CROP.100 obteve-se o ajuste das adições de C pelos sistemas de culturas, cujos resultados encontram-se na Tabela 6.5. Foram também promovidas alterações nos parâmetros dos arquivos FIX.100 e CULT.100, para aproximar as estimativas dos estoques de C e de N do solo pelo modelo aos valores observados no campo ao longo do período experimental (Figura 6.3 e 6.4). Os valores dos parâmetros que resultaram nas melhores estimativas da realidade de campo, avaliada visualmente, foram a elevação do DEC4 de 0,0045 para 0,0057, do VARAT2(1,1) de 20 para 25, do VARAT3(1,1) de 8 para 15,6 e do CLTEFF(n) de 1,0 para 1,1 no plantio direto e de 1,6 para 2,0 no preparo convencional e a utilização do efeito adicional de cultivo para 1 mês após o preparo.

TABELA 6.5 Adição média anual de C pelas culturas observada analiticamente e simulada pelo modelo Century 4.5 na etapa de parametrização em diferentes sistemas de culturas para o período de condução dos Experimentos .

Tratamento	Nitrogênio	Adição média de C	
		Simulada	Observada
	Kg ha ⁻¹	-----Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹ -----	
PD1 ¹ A/M	180	7,2	7,4
PD1 A+V/M	0	7,2	6,4
	180	7,7	7,6
PC A/M	180	7,1	6,3

¹A=aveia, C=caupi, M=milho, V=vica, PC=preparo convencional, PD1=plantio direto no Experimento 1.

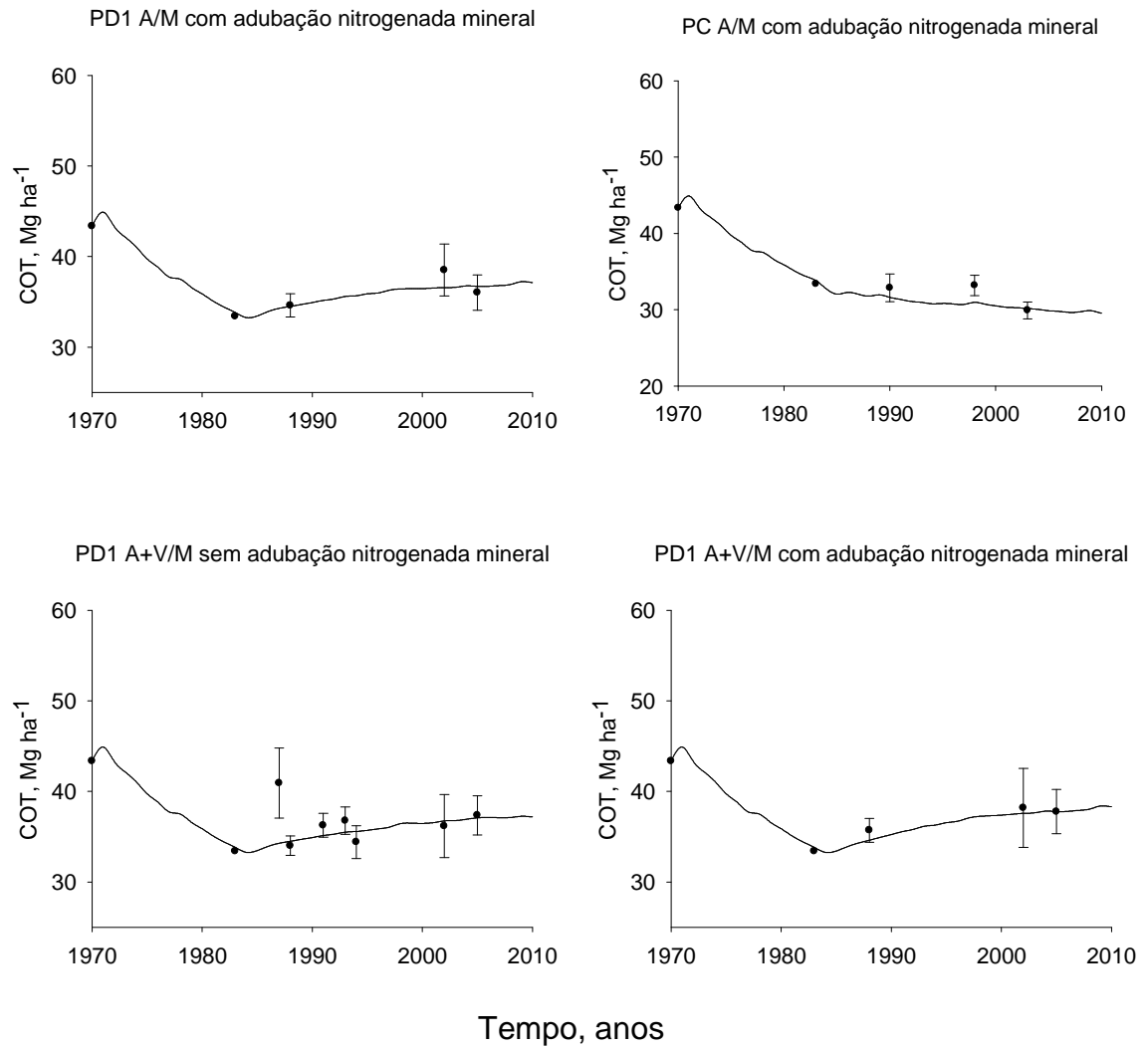
As modificações realizadas nos parâmetros do CROP.100 foram eficientes em representar a adição de biomassa pelos sistemas PD1 A/M com N, PD1 A+V/M sem e com N e PC A/M com N ocorrida durante o período de condução dos experimentos como pode ser observado na Tabela 6.5.

Na Figura 6.3 é apresentada a simulação dos estoques de C nos sistemas de culturas utilizados para guiar as modificações realizadas nos

parâmetros do FIX.100 relacionados à dinâmica do C. O aumento do valor do parâmetro DEC4 de 0,0045 para 0,0057 foi determinante para o bom ajustamento dos dados simulados aos observados, visto que quando foi utilizado o valor original houve subestimação da decomposição da MOS para o local de estudo. A necessidade de parametrização de modelos para cada região provem das diferenças edafoclimáticas entre os locais, as quais afetam a dinâmica da MOS. Além disso, há a possibilidade dos organismos decompositores variarem sua resposta em relação à temperatura e umidade dependendo do ambiente.

Paustian et al. (1992), ao simularem a dinâmica da MOS na Suécia, modificaram o efeito da temperatura na decomposição, alterando o parâmetro relativo à temperatura ótima para ocorrer este processo de 35°C para 27°C. Com valores de temperatura ótima maiores, o modelo subestimava as taxas de decomposição, enquanto para valores menores havia subestimação dos estoques de C. Os autores atribuem à modificação realizada ao fato de que provavelmente os organismos decompositores da região fria da Suécia estão melhor adaptados a baixas temperaturas, apresentando nestas condições maior atividade metabólica, comparando-se com organismos da região continental dos EUA, onde a temperatura é maior.

Neste mesmo sentido, Ise & Moorcroft (2006), utilizando vários dados de estoques de C do solo, modificaram o efeito da temperatura e da umidade na decomposição da MOS para melhorar a performance do modelo em escala global. Os resultados obtidos pelo autores demonstraram que a sensibilidade da decomposição à temperatura em escala global ($Q_{10}=1,37$) é significativamente menor que aquela utilizada pela maioria dos modelos em estudos de pequena escala e que a máxima taxa de decomposição ocorre em valores de umidade maiores do que aqueles assumidos por vários modelos.



● COT observado

— COT simulado

FIGURA 6.3 Carbono orgânico total (COT) observado e simulado na área experimental sob campo nativo, cultivo de colza e girassol e nos sistemas de culturas A/M com adubação nitrogenada mineral e A+V/M sem e com adubação nitrogenada mineral conduzidos em plantio direto no Experimento 1 (PD1) e no sistema de cultura A/M com adubação nitrogenada mineral conduzido em preparo convencional (PC) no Experimento 2. As barras verticais indicam o desvio padrão da média. A=aveia, C=caupi, M=milho e V=vica.

Na Figura 6.3 observa-se que no sistema aveia/milho com adubação nitrogenada mineral conduzido em plantio direto há aumento nos estoques de C, enquanto sob preparo convencional há queda. Os valores observados demonstram que a taxa de decomposição da MOS é maior na segunda situação, o que é devido ao revolvimento do solo que aumenta e destrói os agregados do solo, expondo a MOS protegida fisicamente à decomposição (Conceição, 2006; Tomazi, 2008). No modelo Century o efeito do preparo sobre

a decomposição da MOS é incorporado no parâmetro CLTEFF, que é um multiplicador para a taxa de decomposição dos compartimentos. No presente estudo foram utilizados maiores valores para este parâmetro quando em preparo convencional (2,0), simulando então a maior taxa de decomposição neste sistema de preparo. Entretanto neste estudo, além de aumentar o valor deste parâmetro, foi necessário utilizar o efeito adicional de cultivo no mês seguinte ao do preparo, o que pode demonstrar que no local onde estão sendo conduzidos os experimentos o revolvimento do solo provoca grande impacto na decomposição da MOS. Isso pode ser devido às características edafoclimáticas do ambiente do estudo.

Comparando-se o solo do local, um argissolo, com um latossolo do RS, Conceição (2006) demonstrou que no primeiro solo os mecanismos de proteção da MOS eram menos eficientes na manutenção dos estoques de C do solo sob preparo convencional do que no segundo, sendo que neste a oclusão em agregados era determinante na manutenção dos estoques. O autor atribuiu o diferente comportamento entre os solos às diferenças na textura e mineralogia.

O aumento do valor do parâmetro VARAT2(1,1) de 20 para 25 e do VARAT3(1,1) de 8 para 15,6, os quais representam a máxima relação C/N do material que entra nos compartimentos lento e passivo da MOS, respectivamente, promoveu bom ajuste dos dados simulados aos observados de NT (Figura 6.4), já que com os valores originais os estoques estavam sendo superestimados.

Os ciclos do C e do N estão acoplados, não podendo ser estudados ou modelados separadamente (Shaffer & Ma, 2001). Essa ligação pode ser observada na entrada de C no sistema solo, a qual acontece inicialmente pela fixação fotossintética de C realizada pelas plantas que é dependente da disponibilidade de N. Nesse mesmo sentido, a entrada no solo de N proveniente da fixação simbiótica em leguminosas só ocorre em associação ao C dos tecidos vegetais.

Dessa forma, o modelo, ao simular estoques de N do solo com valores acima do que ocorre a campo, pode calcular uma alta disponibilidade de N as culturas e, conseqüentemente, estimar uma alta produção de biomassa vegetal, superestimando a adição de C ao solo na simulação,

levando a projeções errôneas dos estoques de C. Diante disso, fica evidente a necessidade de se parametrizar os modelos de dinâmica da MOS em relação ao ciclo do N, porém a maioria dos estudos publicados na literatura discute apenas a dinâmica do C na simulação (Bhattacharyya et al., 2007; Bricklemeyer et al., 2007; Gao et al., 2008; Álvaro-Fuentes et al., 2009; Galdos et al., 2009; Shrestha et al., 2009), ficando dúvidas se houve calibração do ciclo do N.

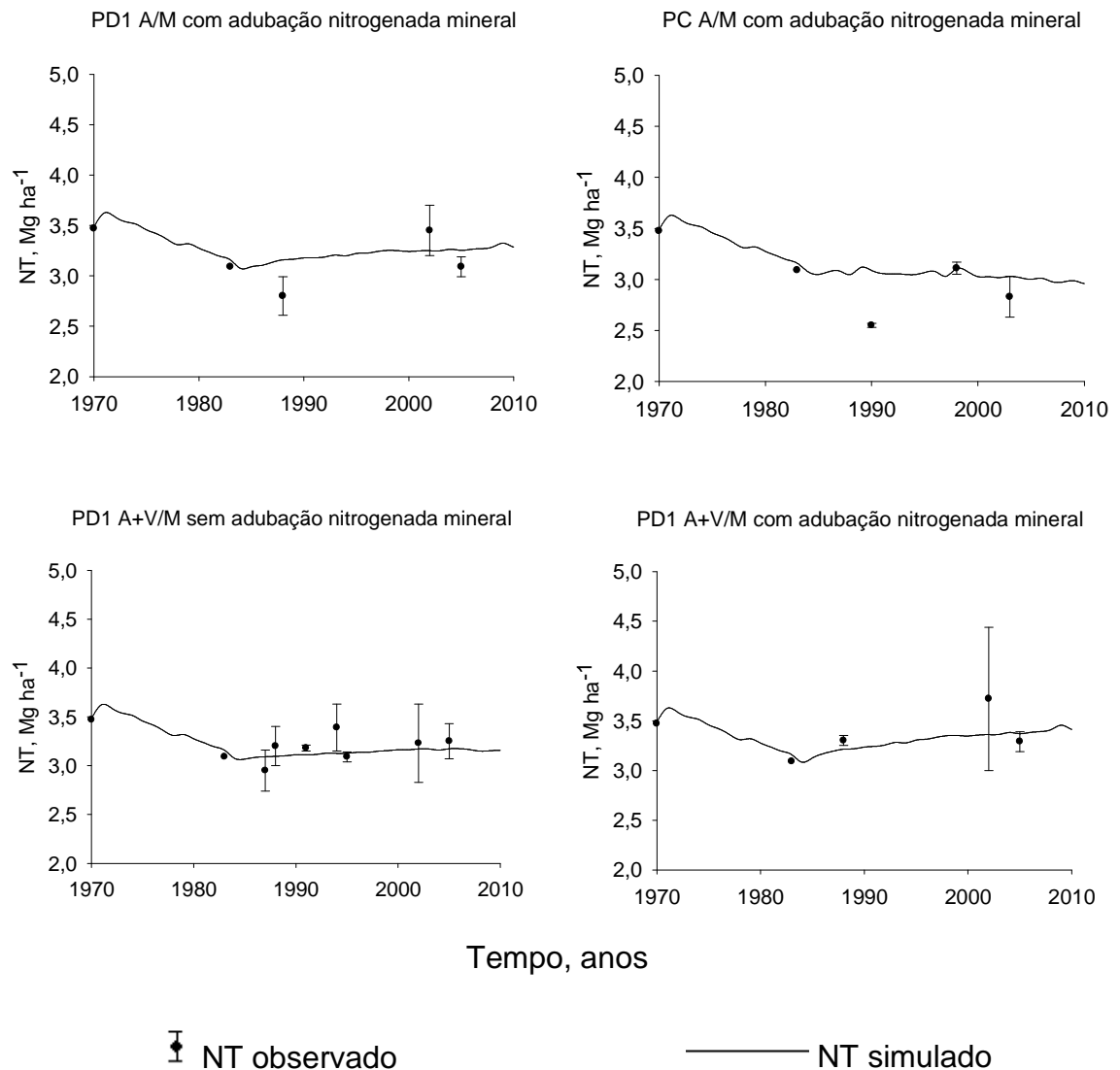


FIGURA 6.4 Nitrogênio total (NT) observado e simulado na área experimental sob campo nativo, cultivo de colza e girassol e nos sistemas de culturas conduzidos em plantio direto A/M com adubação nitrogenada mineral e A+V/M sem e com adubação nitrogenada mineral do Experimento 1 (PD1) e no A/M com adubação nitrogenada mineral conduzido em preparo convencional (PC) do Experimento 2. As barras verticais indicam o desvio padrão da média. A=aveia, C=caupi, M=milho e V=vica.

Outro problema que pode ocorrer nas simulações seria a estimativa de estoques de N diferentes daqueles observados no solo. A diferença na disponibilidade de N calculada pelo modelo determinará alterações na relação C/N dos tecidos vegetais adicionados ao solo. Como o modelo Century considera a relação C/N dos tecidos vegetais para a entrada de C nos compartimentos da MOS, uma estimativa errônea dessa variável determinará, conseqüentemente, erros na simulação do conteúdo de MOS.

Neste processo de parametrização é importante salientar que os parâmetros fixos (DEC4, VARAT2(1,1) e VARAT3(1,1)) foram alterados para o mesmo valor em todos os blocos e os parâmetros dos arquivos CULT.100 e CROP.100 em cada bloco conforme a necessidade em função dos manejos e sistemas de culturas de cada tratamento.

6.2. Validação

Esta etapa inclui apenas dados independentes daqueles empregados na parametrização do modelo e compreende o ajuste da adição de C pelas culturas e estimativa dos estoques de C e de N do solo.

6.2.1. Ajuste de adição de C pelas culturas

Para o ajuste da adição de C pelos sistemas de culturas que compõem os tratamentos foram alterados os parâmetros do arquivo CROP.100 até atingir a adição observada, mantendo-se rigorosamente inalterados os demais parâmetros definidos na parametrização. Os resultados obtidos constam na Tabela 6.6, verificando-se boa correlação entre as adições médias observadas e simuladas (Figura 6.5), a qual foi obtida pelo ajuste nos parâmetros do CROP.100 para que os dados simulados coincidisse com os observados.

TABELA 6.6 Adição média anual de C pelas culturas observada analiticamente e simulada pelo modelo Century 4.5 em diferentes sistemas de culturas para o período e condução dos Experimentos.

Tratamento	Nitrogênio Kg ha ⁻¹	Adição média de C	
		Simulada -----Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹ -----	Observada
PD1 A/M	0	4,7	4,8
PD1 A+V/M+C	0	8,7	8,6
	180	9,3	9,5
PD1 LL+M	0	8,8	8,0
PD1 G+M	0	12,0	12,3
PC A/M	0	5,1	4,1
PC A+V/M+C	0	8,2	7,6
	180	9,1	8,7
PD2 A/M	0	4,9	4,0
	180	7,1	6,4
PD2 A+V/M+C	0	8,6	7,6
	180	9,3	8,7

PD1=plantio direto no Experimento 1, PD2=plantio direto no Experimento 2 e PC=preparo convencional. A=aveia, C=caupi, G=guandu, LL=lablabe, M=milho e V=vica.

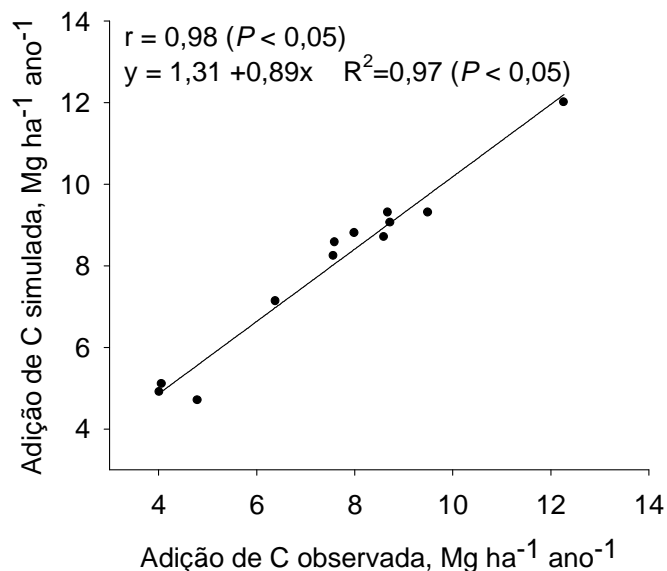


FIGURA 6.5 Relação entre a adição média anual de C pelas culturas observada analiticamente e simulada pelo modelo Century 4.5 em diferentes sistemas de culturas.

A adição de C pelas culturas observada variou de 4,02 a 12,7 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, enquanto a simulada variou de 4,7 a 12 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ (Tabela 6.6). Essa variação está relacionada com a disponibilidade de N às gramíneas, principalmente ao milho, que produzem maior biomassa sob maior disponibilidade de N, seja pela adubação nitrogenada mineral ou pela inclusão de uma leguminosa, que fixam N simbioticamente, introduzindo-o no sistema (Amado, 1997; Amado et al., 2000; Da Ros & Aita, 1996). Observando o sistema A/M, que é composto por apenas espécies gramíneas, verifica-se que o uso de adubação nitrogenada mineral aumentou em 59% a adição de C pelo sistema, sendo que na simulação esse aumento foi de 46%. O modelo conseguiu simular a resposta das culturas a adição de N.

A utilização de leguminosas também favorece o aumento da produção vegetal por aumentar a disponibilidade de N no solo (Bortolini et al., 2000; Giacomini et al., 2004), como pode ser observado ao se comparar os sistemas A/M e A+V/M+C sem aplicação de nitrogênio mineral. Quando se utilizam leguminosas de verão, como nos sistemas com caupi, lablabe e guandu, o incremento na adição de C é maior do que quando se utilizam apenas leguminosas de inverno (Tabela 6.5). Isso se deve ao fato das leguminosas estivais serem mais rústicas e possuírem maior produção de biomassa, o que leva a uma maior quantidade de N fixado simbioticamente (Aita, 1997). Somado a isso, os estoques de N total do solo são maiores naqueles sistemas que contém leguminosas, conseqüentemente, o solo fornece maior suprimento de N às culturas (Weber & Mielniczuk, 2009). Além disso, o aumento na adição de C pelos sistemas com leguminosas se deve à inclusão de mais uma espécie na rotação/sucessão. No sistema G+M a adição de C ultrapassou em 30% a do A+V/M+C com N, o que se deve a esta cultura possuir crescimento arbóreo com tecido lenhoso, produzindo em alguns anos no momento de seu desbaste até 45 Mg ha⁻¹ de matéria seca da parte aérea. Com relação à adição de N na forma de uréia em sistemas com leguminosas, esta foi menos expressiva no aumento da adição de C (Tabela 6.6) do que quando utilizada em sistemas com apenas gramíneas.

6.2.2. Estoques de C

A etapa de validação do modelo Century 4.5 com as modificações realizadas nos valores dos parâmetros fixos e de cultivo foi realizada através da aplicação do modelo a situações diferentes daquelas utilizadas na sua parametrização, já que esta etapa é uma tentativa de fazer com que os dados simulados coincidam com os observados através da variação nos valores de parâmetros internos do modelo. Por isso, foram utilizados os demais tratamentos de ambos os experimentos para validar o modelo.

A acurácia das simulações foi avaliada pelas análises estatísticas de falta de ajuste (LOFIT) e raiz quadrada do erro médio (RQEM). Smith et al. (1997) propõem estas análises para testar a performance de modelos quando há disponibilidade de repetições obtidas a campo. O teste F para significância do LOFIT indicou que o erro total dos valores simulados em todos os sistemas de culturas em ambos sistemas de preparo do solo era significativamente menor que o erro inerente dos valores observados a campo (Tabela 6.7). Também para todos os sistemas avaliados a RQEM calculada esteve dentro do intervalo de confiança (RQEM 95%) dos dados observados, demonstrando que as modificações realizadas nos parâmetros fixos e de cultivo do modelo estão condizentes com a dinâmica do C do solo nas condições edafoclimáticas do local de estudo.

Nas Figuras 6.6, 6.7 e 6.8 pode-se observar que a dinâmica do C simulada para os diferentes tratamentos dos Experimentos 1 e 2 está coerente com os dados observados a campo. Essa abordagem gráfica onde há comparação entre dados simulados e observados pode ser considerada uma forma de validação visual. Nestas figuras observa-se a modificação nos estoques de C em função dos sistemas de culturas e preparos de solo utilizados. Houve aumento nos estoques de C em todos os sistemas de culturas em plantio direto, à exceção do sistema aveia/milho. Já para os sistemas em preparo convencional houve decréscimo ou manutenção nos estoques, sendo que o modelo Century com as modificações realizadas conseguiu simular a dinâmica do C sob os diferentes sistemas de manejo aplicados no local de estudo.

TABELA 6.7 Análise da falta de ajuste (LOFIT) e raiz quadrada do erro médio (RQEM) para avaliar a acurácia da simulação dos estoques de C do solo realizada pelo modelo Century para os tratamentos do Experimento 1 e 2.

Tratamento	N	LOFIT	F ^(a)	F _{5%}	RQEM ^(b) %	RQEM 95%
Experimento 1						
PD1 A/M	0	239,47	0,00214	2,30	9,27	28,67
PD1 A+V/M+C	0	120,25	0,00084	2,30	5,83	33,66
PD1 A+V/M+C	180	-	-	-	2,46	14,96
PD1 LL+M	0	88,73	0,0006	2,30	4,90	38,06
PD1 G+M	0	580,41	0,0032	2,30	11,32	46,53
Experimento 2						
PD2 A/M	0	42,96	0,00182	3,44	6,04	32,47
PD2 A/M	180	32,26	0,0021	4,49	5,64	32,24
PD2 A+V/M+C	0	48,69	0,00151	3,44	5,50	29,87
PD2 A+V/M+C	180	22,54	0,00117	4,49	4,20	28,18
PC A/M	0	32,44	0,00156	3,44	5,59	25,97
PC A+V/M+C	0	41,34	0,0016	3,44	5,75	34,91
PC A+V/M+C	180	14,99	0,001	4,49	3,87	25,50

^(a) O teste F determina a significância da falta de ajuste (LOFIT). Valores de $F < F_{5\%}$ indicam que os valores simulados não diferem significativamente dos valores observados.

^(b) Valores de RQEM menores que RQEM 95% indicam que os valores das simulações se encontram dentro dos intervalos de confiança (95%) dos valores observados.

Nos tratamentos com o sistema de cultura aveia/milho sem adubação nitrogenada mineral, embora as análises estatísticas realizadas não tenham acusado diferença significativa entre os estoques simulados e observados, pode-se observar visualmente que o modelo está superestimando a decomposição da MOS nesta situação, fato observado, principalmente no tratamento A/M do Experimento 1. Uma possível explicação para este comportamento diferenciado entre os dados simulados e observados pode estar na dinâmica do N, que será discutida posteriormente.

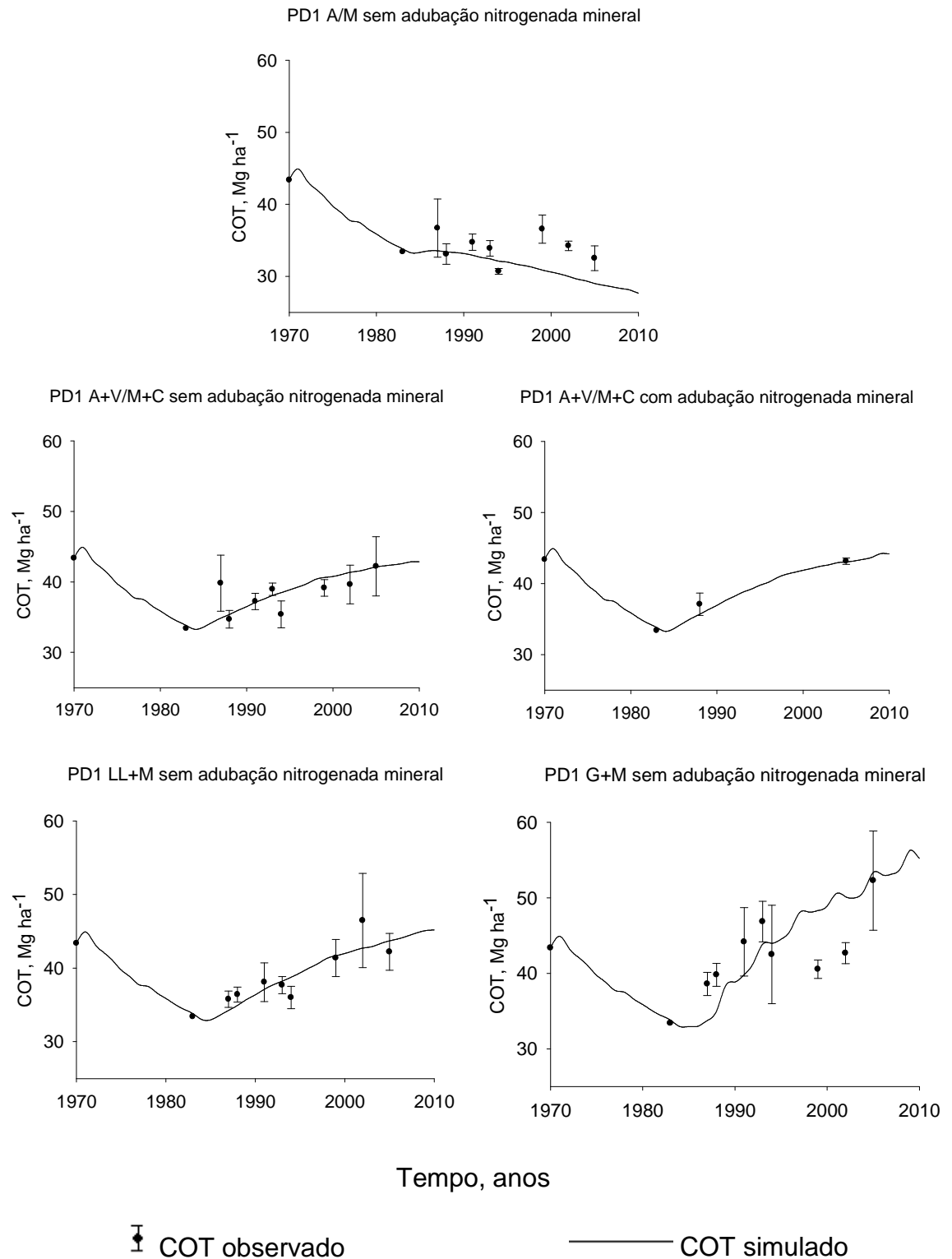


FIGURA 6.6 Carbono orgânico total (COT) observado e simulado na área experimental sob campo nativo, cultivo de colza e girassol e nos sistemas de culturas conduzidos em plantio direto A/M sem adubação nitrogenada mineral, A+V/M+C sem e com adubação nitrogenada mineral, LL+M e G+M do Experimento 1. As barras verticais indicam o desvio padrão da média. A=aveia, C=caupi, G=guandu, LL=lablabe, M=milho e V=vica.

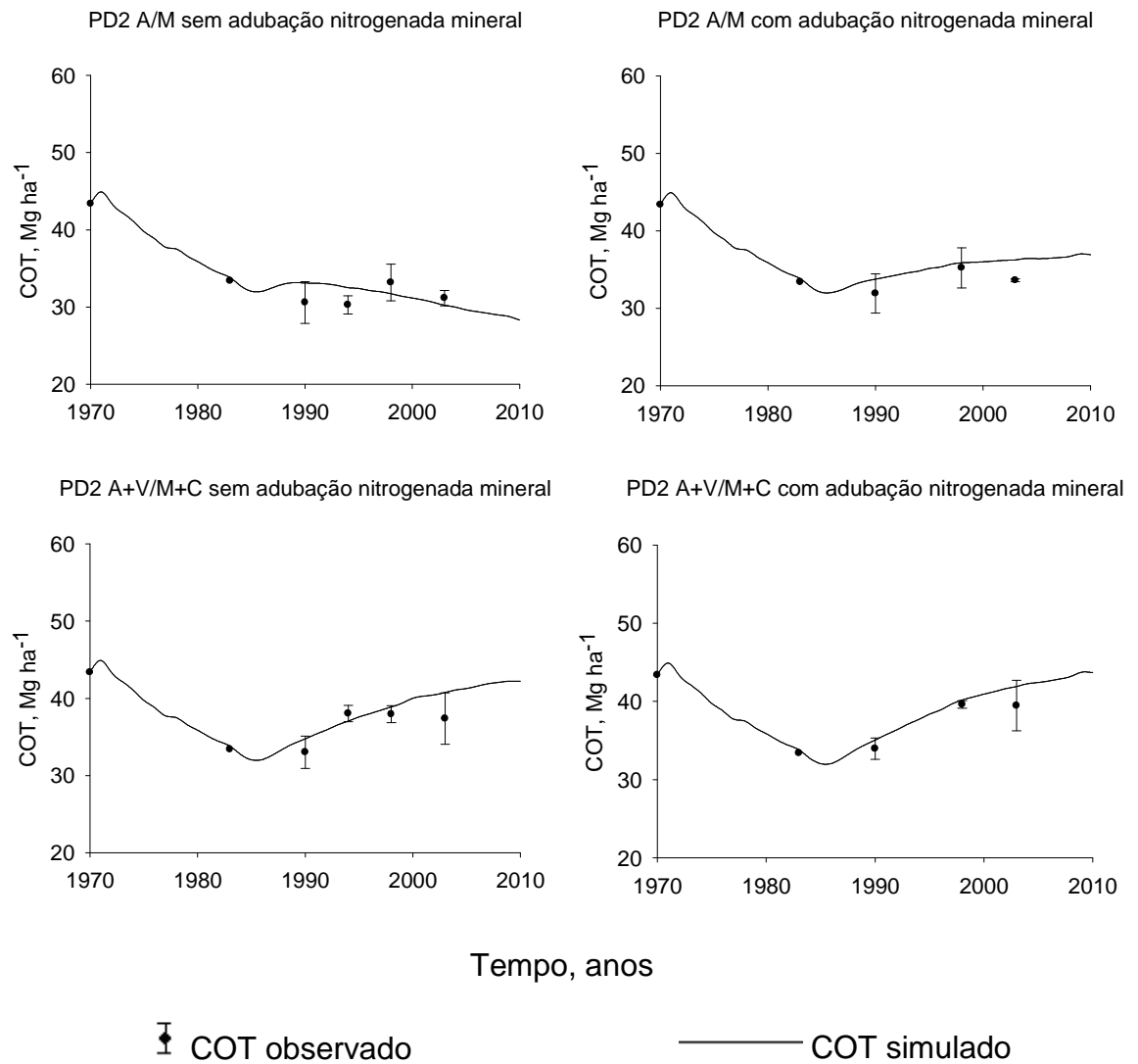


FIGURA 6.7 Carbono orgânico total (COT) observado e simulado na área experimental sob campo nativo, cultivo de colza e girassol e nos sistemas de culturas conduzidos em plantio direto A/M sem e com adubação nitrogenada mineral e A+V/M+C sem e com adubação nitrogenada mineral do Experimento 2. As barras verticais indicam o desvio padrão da média. A=aveia, C=caupi, M=milho e V=vica.

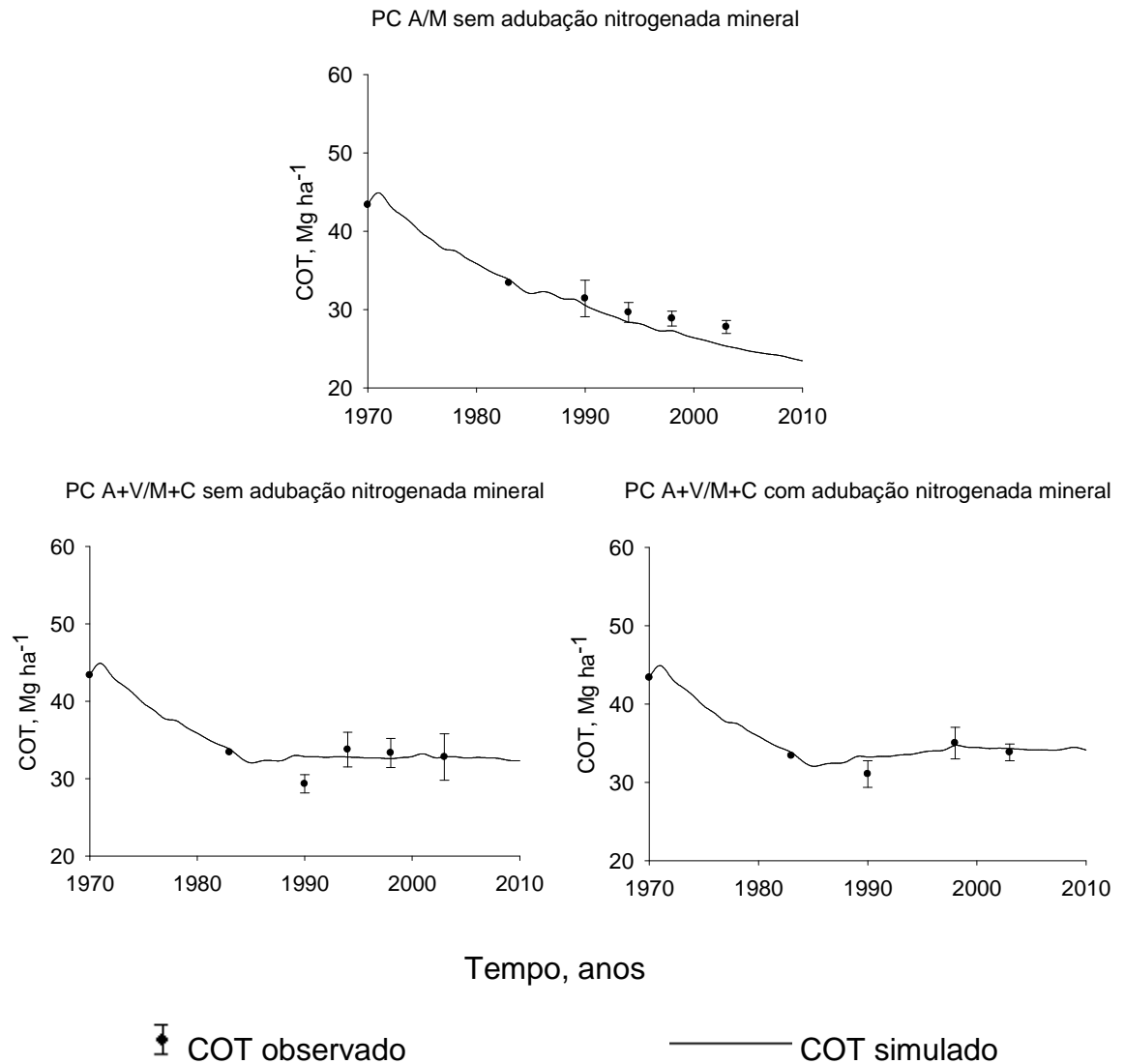


FIGURA 6.8 Carbono orgânico total (COT) observado e simulado na área experimental sob campo nativo, cultivo de colza e girassol e nos sistemas de culturas conduzidos em preparo convencional A/M sem adubação nitrogenada mineral e A+V/M+C sem e com adubação nitrogenada mineral do Experimento 2. As barras verticais indicam o desvio padrão da média. A=aveia, C=caupi, M=milho e V=vica.

Gao et al. (2008) simularam com o modelo Century a dinâmica do C do solo em um Mollisol da China utilizando dados obtidos em um experimento de longa duração que tinha como tratamentos agricultura sem utilização de fertilizantes, com fertilizantes orgânicos, com fertilizantes químicos e mistura de fertilizantes químicos e orgânicos. As simulações demonstraram queda nos estoques de C nos três primeiros tratamentos, sendo que no tratamento com associação de fertilizantes houve manutenção nos estoques de C. Os autores avaliaram o ajuste dos dados simulados aos observados através do teste da

diferença média (M), o qual é utilizado quando não há repetições dentro dos tratamentos. Este não acusou diferença significativa entre os dados simulados e observados, validando o modelo para o local. Já Bhattacharyya et al. (2007) testaram a habilidade do modelo Century em simular as mudanças nos estoques de C do solo sob diferentes condições ambientais contrastantes em áreas da Índia, utilizando ensaios com fertilizantes minerais e orgânicos. O modelo teve melhor performance no semi-árido do que no local mais úmido.

Observa-se na Figura 6.9 que houve uma correlação significativa positiva (0,83) entre os estoques de C simulados e observados nos diferentes tratamentos estudados. A dispersão dos pontos nesta figura demonstra, como foi observado nas figuras anteriores, que alguns valores simulados de estoque de C não se encontram dentro do desvio padrão da média do valor observado, o que é devido a vários fatores. Primeiramente, nos tratamentos com aveia/milho sem adubação nitrogenada mineral, houve subestimação dos estoques de C nos últimos anos de avaliação. Além disso, existe o fato de que em cada ano de avaliação, a coleta e análise de C do solo foi realizada por uma pessoa diferente, o que pode levar a erros nos estoques de C observados em alguns anos.

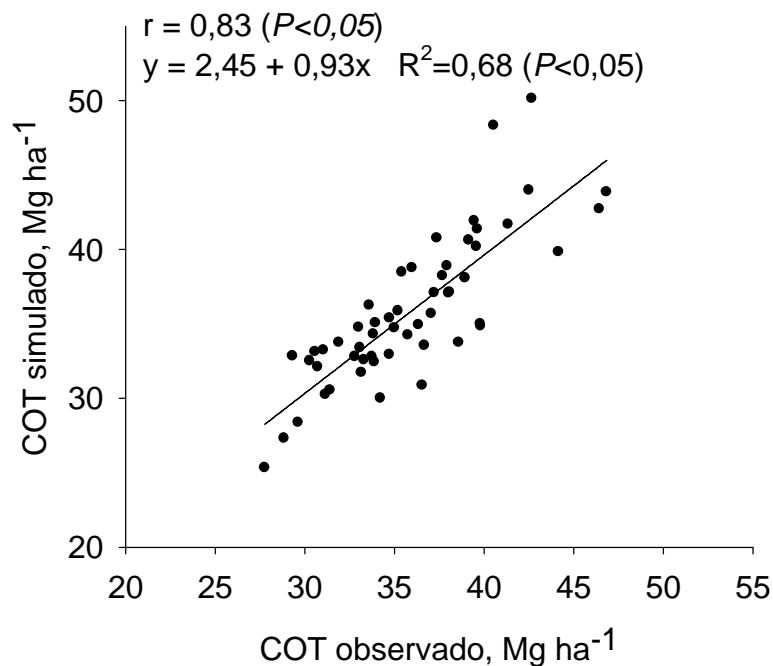


FIGURA 6.9 Relação entre carbono orgânico total (COT) observado e simulado pelo modelo Century 4.5.

6.2.3. Estoques de N total

A acurácia da simulação dos estoques de N também foi avaliada através das estatísticas da LOFIT e RQEM (Tabela 6.8). Ambas revelaram não haver diferença significativa entre os estoques observados e simulados pelo modelo, demonstrando que o modelo com as modificações realizadas nos valores de seus parâmetros está simulando adequadamente a dinâmica do N no local de estudo.

TABELA 6.8 Análise da falta de ajuste (LOFIT) e raiz quadrada do erro médio (RQEM) para avaliar a acurácia da simulação dos estoques de N total do solo realizada pelo modelo Century para os tratamentos do Experimento 1 e 2.

Tratamento	N	LOFIT	F ^(a)	F _{5%}	RQEM ^(b) %	RQEM 95%
Experimento 1						
PD1 A/M	0	2,10	0,00258	2,30	10,20	42,06
PD1 A+V/M+C	0	0,44	0,00041	2,30	4,04	45,31
PD1 A+V/M+C	180	-	-	-	0,79	16,07
PD1 LL+M	0	6,60	0,00539	2,30	14,97	56,62
PD1 G+M	0	2,52	0,00192	2,30	8,80	38,64
Experimento 2						
PD2 A/M	0	0,615	0,00355	3,44	8,45	39,66
PD2 A/M	180	0,63	0,00513	4,49	8,81	24,98
PD2 A+V/M+C	0	0,371	0,00137	3,44	5,25	25,13
PD2 A+V/M+C	180	0,782	0,00436	4,49	8,15	11,94
PC A/M	0	0,546	0,00347	3,44	8,35	46,11
PC A+V/M+C	0	1,25	0,0059	3,44	10,88	28,80
PC A+V/M+C	180	0,82	0,0059	4,49	9,45	19,49

^(a) O teste F determina a significância da falta de ajuste (LOFIT). Valores de $F < F_{5\%}$ indicam que os valores simulados não diferem significativamente dos valores observados.

^(b) Valores de RQEM menores que RQEM 95% indicam que os valores das simulações se encontram dentro dos intervalos de confiança (95%) dos valores observados.

Uma validação visual do modelo para o local pode ser realizada ao se observar as Figuras 6.10, 6.11 e 6.12, nas quais se observa claramente o bom ajuste dos dados simulados aos observados, a exceção do sistema A/M sem adubação nitrogenada mineral em plantio direto (Figura 6.10). À semelhança do que ocorreu com os estoques de C, o modelo está

subestimando os estoques de N deste tratamento nos últimos anos de observação. Esse comportamento do modelo em simular a perda mais drástica de MOS neste tratamento pode estar relacionado, principalmente, com a dinâmica do N. Neste tratamento o modelo simulou um rendimento médio de grãos de $3,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ para o período experimental, enquanto que os dados observados no experimento indicam um rendimento médio de $2,5 \text{ Mg ha}^{-1}$, o que indica que as saídas de N pela colheita estimadas pelo modelo são maiores que as observadas. Entretanto, embora neste tratamento não ocorram adições de N via fixação biológica ou adição de fertilizantes nitrogenados minerais e, sim, apenas saídas de N, os dados observados indicam que o N do solo não está decrescendo. Isto pode ser devido ao fato da cultura do milho retirar em média $11 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N abaixo da camada de 0 – 20 cm de profundidade (Weber & Mielniczuk, 2009) e que neste tratamento, devido à baixa disponibilidade de N no solo, os microrganismos que fixam N assimbioticamente estejam sendo estimulados. Ambas as situações não estão sendo consideradas pelo modelo no presente estudo. Nesse sentido, Lugato et al. (2007) e Parton & Ramussen (1994) ajustaram o modelo Century em seus estudos adicionando um suprimento de N às culturas para se ter uma calibração satisfatória, visto que o modelo não simula a entrada de N no sistema proveniente da mineralização da MOS das camadas inferiores do solo ou do lençol freático.

Essa superestimação das taxas de decomposição da MOS simulada pelo modelo em sistemas de cultivo com menor disponibilidade de N também foi observada por Lugato et al. (2006), os quais observaram que nos sistemas com altas doses de N mineral os dados simulados eram muito próximos aos dados observados de COT. Os autores sugerem como explicação para este comportamento o fato da qualidade e quantidade de resíduos aplicados ao solo afetar a competição e atividade microbiana do solo. Fontaine et al. (2003) afirmam que essa interação de quantidade e qualidade dos resíduos poderia alterar a comunidade microbiana e, conseqüentemente, a dinâmica da mudança nos estoques de C.

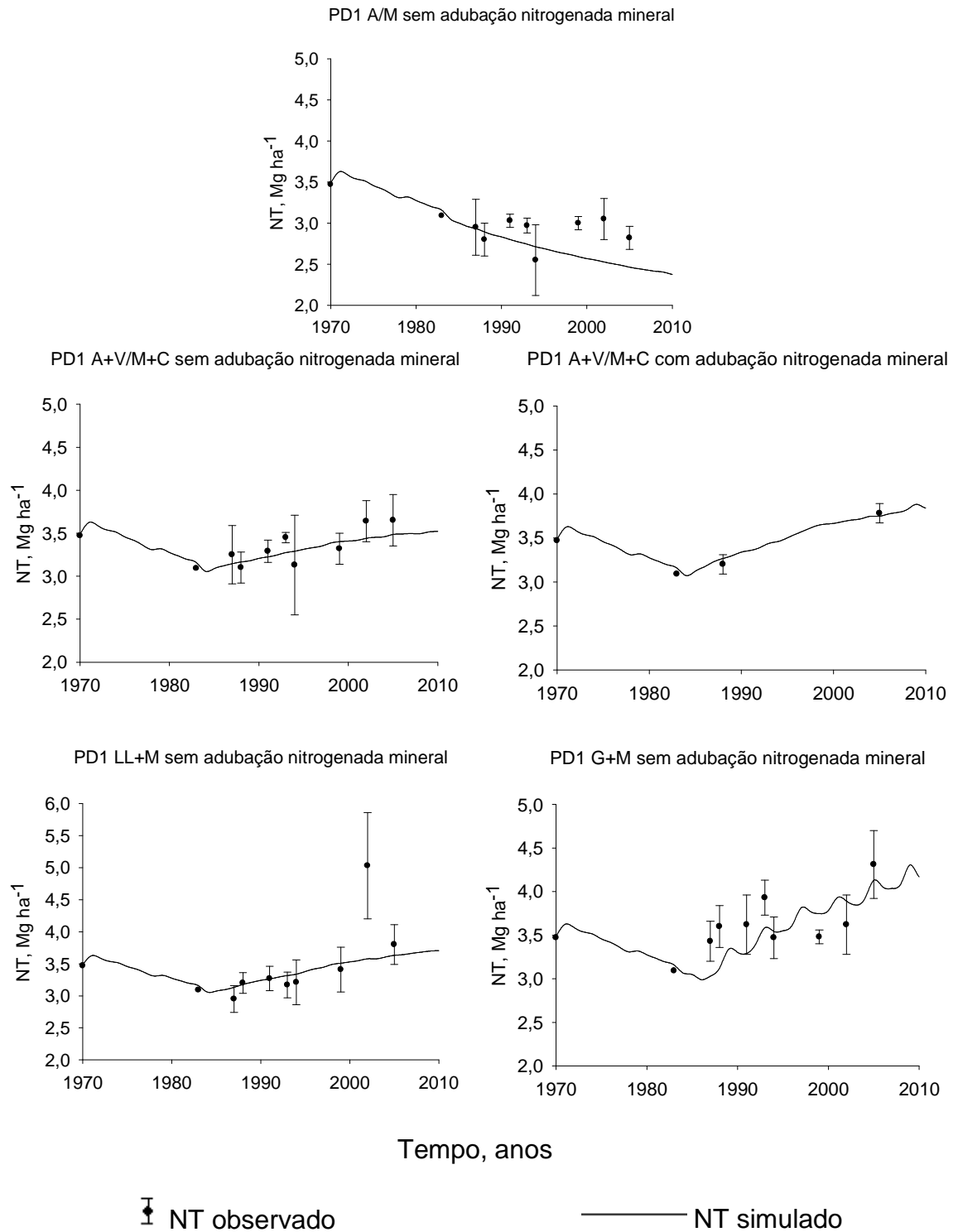


FIGURA 6.10 Nitrogênio total (NT) observado e simulado na área experimental sob campo nativo, cultivo de colza e girassol e nos sistemas de culturas conduzidos em plantio direto A/M sem adubação nitrogenada mineral, A+V/M+C sem e com adubação nitrogenada mineral, LL+M e G+M do Experimento 1. As barras verticais indicam o desvio padrão da média. A=aveia, C=caupi, G=guandu, LL=lablabe, M=milho e V=vica.

A maioria dos modelos de simulação da dinâmica da MOS considera os microrganismos como um substrato de decomposição ao invés de ser considerado o decompositor (Fang et al., 2005), não simulando a variação temporal da comunidade microbiana. Diante disso, Lugato et al. (2006) sugerem que numa situação de baixa disponibilidade de energia ou nutrientes, uma redução na biomassa microbiana poderia diminuir a decomposição do COT, o que não é levado em consideração pelo modelo, visto que este foi calibrado com dados de condições médias de disponibilidade de energia e nutrientes, o que pode ter levado a uma superestimação da decomposição do COT em condições limitantes.

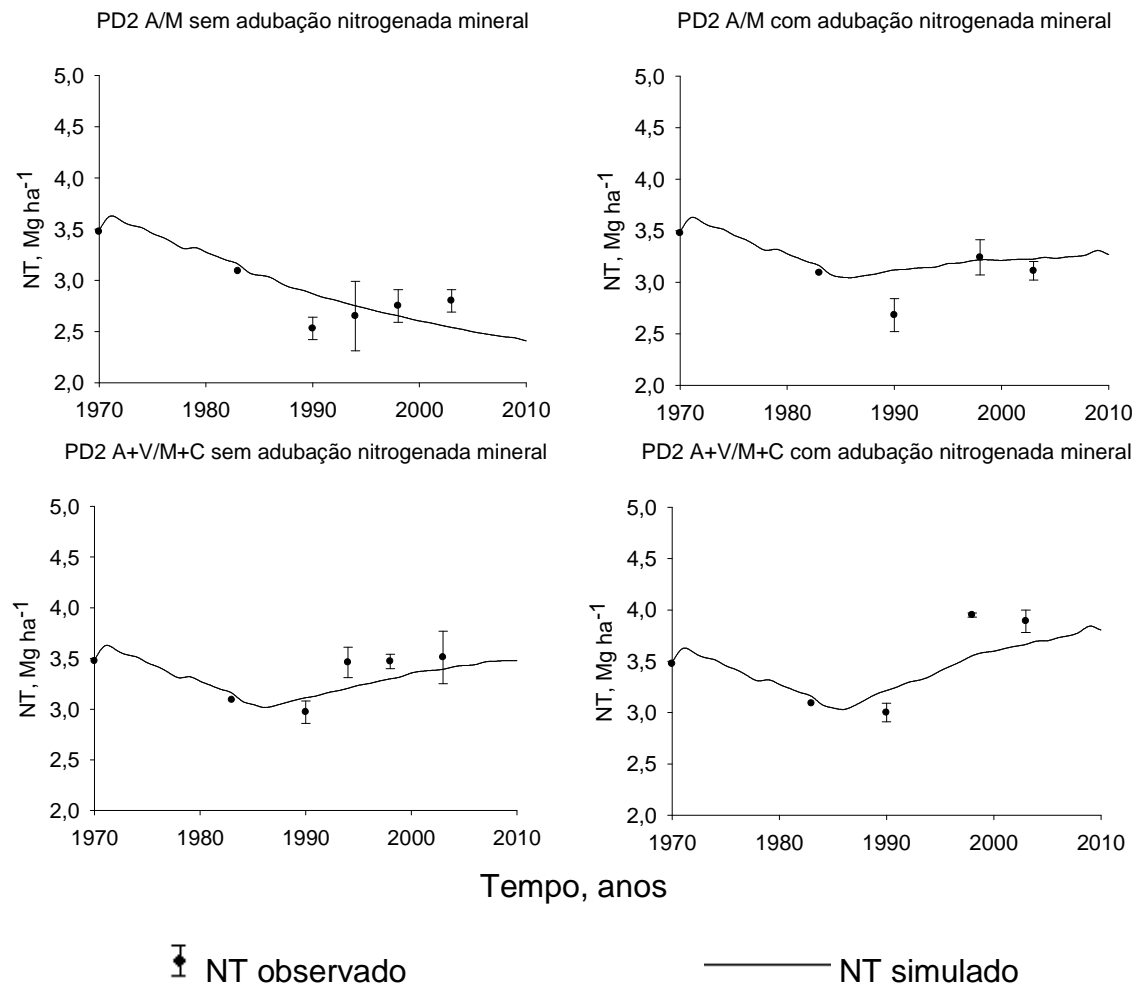


FIGURA 6.11 Nitrogênio total (NT) observado e simulado na área experimental sob campo nativo, cultivo de colza e girassol e nos sistemas de culturas conduzidos em plantio direto A/M sem e com adubação nitrogenada mineral e A+V/M+C sem e com adubação nitrogenada mineral do Experimento 2. As barras verticais indicam o desvio padrão da média. A=aveia, C=caupi, M=milho e V=vica.

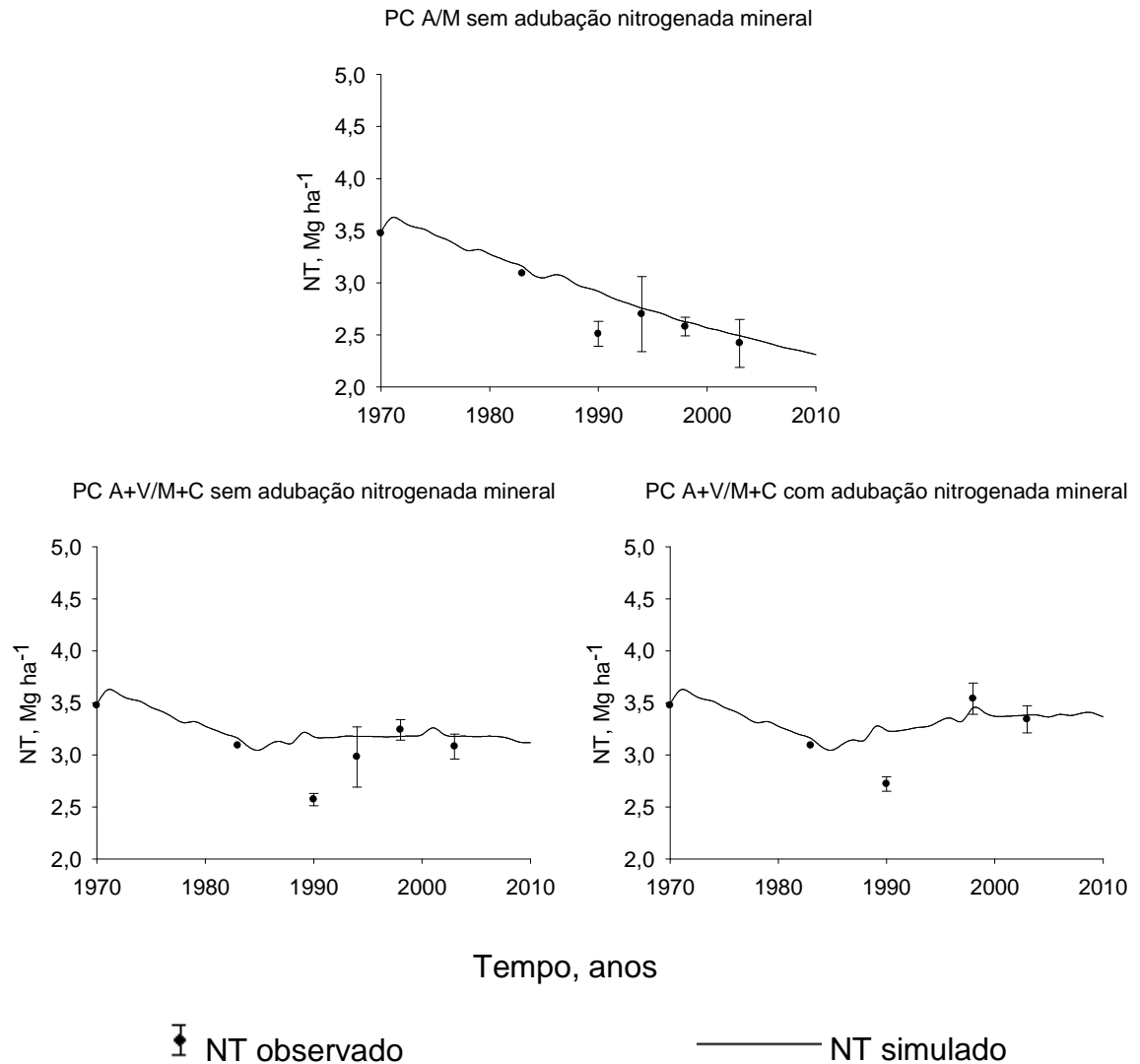


FIGURA 6.12 Nitrogênio total (NT) observado e simulado na área experimental sob campo nativo, cultivo de colza e girassol e nos sistemas de culturas conduzidos em preparo convencional A/M sem adubação nitrogenada mineral e A+V/M+C sem e com adubação nitrogenada mineral do Experimento 2. As barras verticais indicam o desvio padrão da média. A=aveia, C=caupi, M=milho e V=vica.

Na Figura 6.13 pode-se observar a relação entre os estoques de N observados e simulados pelo modelo Century 4.5. Nesta figura há menor ajuste ($r=0,70$) entre os dados simulados e observados de N em relação aos de C (Figura 6.9). As possíveis explicações para este menor ajuste entre os dados de N, somadas àquelas atribuídas aos de C, podem estar relacionadas ao fato do ciclo do N ser muito complexo, ter várias entradas e saídas no sistema, ser muito sensível à qualidade do resíduo adicionado ao solo e possuir vários processos que são dependentes de diferentes grupos de microrganismos, que não são completamente contemplados no modelo Century.

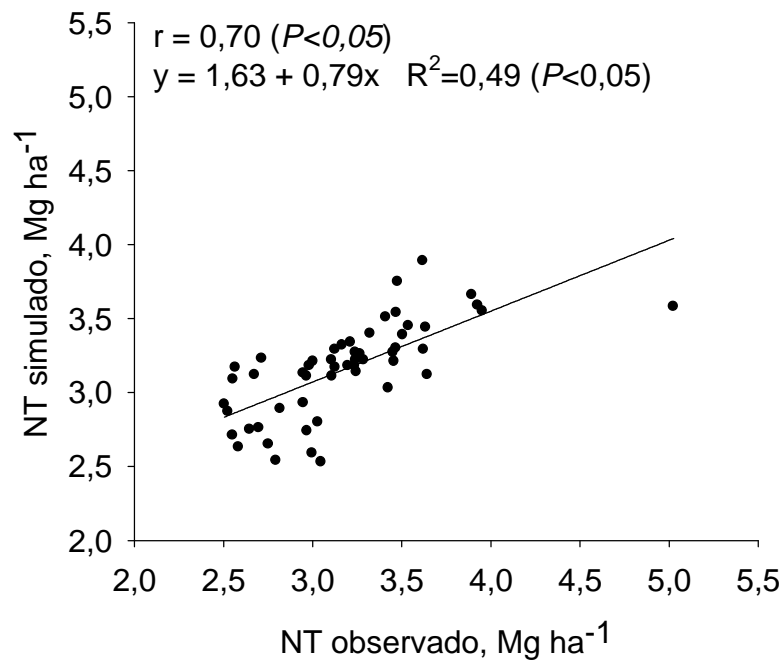


FIGURA 6.13 Relação entre nitrogênio total (NT) observado e simulado pelo modelo Century 4.5.

Possivelmente, devido à complexidade e menor entendimento sobre o ciclo do N, a maioria dos trabalhos de modelagem da dinâmica da MOS contempla apenas simulações dos estoques de C, não fazendo referência aos estoques de N. Entretanto, como comentado anteriormente, não há como modelar separadamente C e N do solo.

6.3. Estoques totais de C e de N e nos compartimentos simulados pelo modelo Century 4.5 em diferentes sistemas de culturas e preparos do solo

6.3.1. Experimento 1

Na Tabela 6.9 são apresentados os estoques de C simulados e observados no ano de 2005 nos tratamentos do Experimento 1. A variação nos estoques de C observados foi determinada pela variação nas adições de C pela biomassa das culturas (Figura 6.14a), o que também foi observado na simulação (Figura 6.14b). O aumento da adição de C pelas culturas promove aumento nos estoques de C (Burle et al., 1997; Lal et al., 1999), o que já foi demonstrado em vários experimentos de longa duração. Esta relação está implícita na maioria dos modelos da dinâmica da MOS, os quais são baseados

na pressuposição da cinética de decomposição de primeira ordem. A alta adição de resíduos ao solo é determinante no processo de manutenção e/ou aumento dos estoques de C por contrabalancear as perdas de C pela decomposição da MOS (Lovato et al., 2004).

TABELA 6.9 Carbono orgânico total (COT) na camada de 0-20 cm observado e simulado para o ano de 2005 pelo modelo Century 4.5 nos tratamentos do experimento 1.

Tratamentos	COT (Mg ha ⁻¹)	
	Simulado ²	Observado
	2005	2005
Sem adubação nitrogenada mineral		
PD1 A/M ¹	29,37	32,52
PD1 A+V/M	37,08	37,36
PD1 A+V/M+C	42,12	42,20
PD1 LL+M	43,7	42,20
PD1 G+M	53,38	52,28
Com adubação nitrogenada mineral		
PD1 A/M	36,71	36,02
PD1 A+V/M	37,77	37,77
PD1 A+V/M+C	43,04	43,15

¹A=aveia, C=caupi, G=guandu, LL=lablabe, M=milho e V=vica.

² Obtido pela variável de saída SOMSC.

O aumento da disponibilidade de N no solo pela utilização de fertilizante nitrogenado mineral determinou um aumento de 1,2 Mg ha⁻¹ de C na simulação e de 1,57 Mg ha⁻¹ de C adicionado ao solo no experimento (média dos tratamentos A/M, A+V/M e A+V/M+C), o que determinou um aumento no estoque de C de 2,98 Mg ha⁻¹ na simulação e de 1,62 Mg ha⁻¹ na área experimental (média das tratamentos A/M, A+V/M e A+V/M+C). Neste estudo pode-se observar a importância da utilização da adubação nitrogenada mineral, principalmente, em sistemas compostos por apenas gramíneas, na manutenção e aumentos dos estoques de C do solo. Esse efeito positivo da adubação nitrogenada mineral sobre os estoques de C do solo foi demonstrado no estudo desenvolvido com dados de vários experimentos compilados por Alvarez (2005), o qual obteve uma variação positiva de 2 Mg ha⁻¹ nos estoques

de C para cada 1 Mg ha⁻¹ de N aplicada. Embora positiva, esta variação no COT é pequena, visto que a produção de adubos nitrogenados minerais como a uréia demanda uma alta quantidade de energia e contribuiu na emissão de gases de efeito estufa. Já Khan et al. (2007) enfatizam que o uso do fertilizante nitrogenado para o seqüestro de C pelo solo é um mito. Os autores utilizam como argumento para esta afirmação os resultados obtidos em um experimento de longa duração localizado no Cinturão do Milho nos EUA, o experimento com milho mais antigo do planeta. Neste experimento após 40 a 50 anos de utilização de fertilizantes sintéticos, cujas doses de N excederam a remoção de N pelo grão, houve um declínio nos estoques de C do solo apesar do aumento na adição de biomassa ao solo, o que é decorrente, segundo os autores, da decomposição dos resíduos vegetais e MOS promovida pelo fertilizante sintético, cuja interpretação é difícil de ser provada.

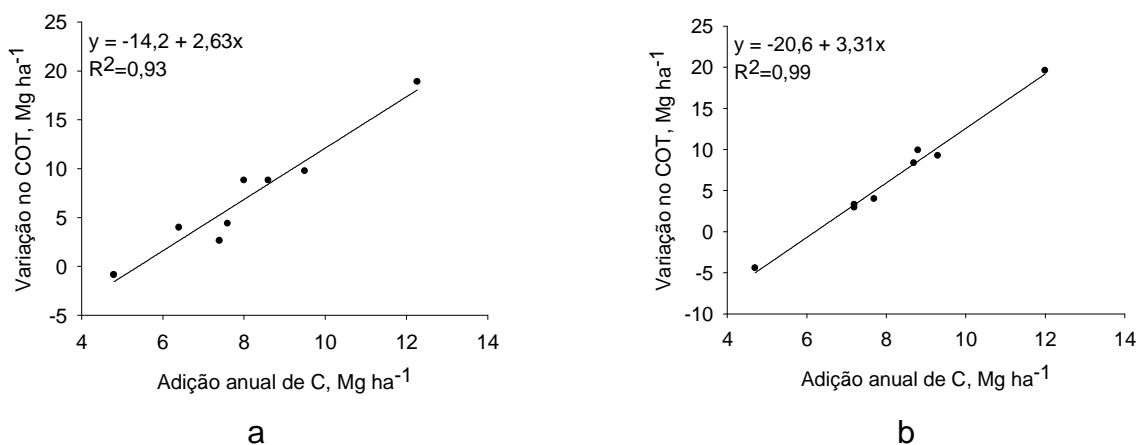


FIGURA 6.14 Regressão entre a variação no estoque de C e a adição de C pelas culturas nos sistemas de culturas do Experimento 1. a) valores observados e b) valores simulados.

Observando a Figura 6.14, verifica-se que sob sistema plantio direto é necessária uma adição de C anual média de 5,4 Mg ha⁻¹, calculado a partir dos dados observados, para a manutenção dos estoques iniciais. Já com os dados simulados é necessário 6,22 Mg ha⁻¹. A maior necessidade de adição de C calculada pelos dados simulados pelo modelo provém da subestimação dos estoques de C no sistema A/M sem adubação nitrogenada mineral. Pelos dados observados, a adição de 4,8 Mg ha⁻¹ neste sistema está promovendo uma leve tendência de decréscimo nos estoques de C. Já na simulação a adição de 4,7 Mg ha⁻¹ de C está determinando queda nos estoques de C.

A utilização de leguminosas também favoreceu o aumento nos estoques de C (Tabela 6.9), sendo que o modelo Century conseguiu simular a dinâmica dos estoques de C nestes sistemas. A entrada de leguminosas no sistema favorece o aumento da adição de C pelas culturas (Tabela 6.6), principalmente, por aumentar a disponibilidade de N no sistema. Quando se comparam os sistemas com leguminosas de inverno e de verão, verifica-se que a introdução de espécies estivais promove um acréscimo de C no solo bem superior à utilização de uma espécie de inverno (Tabela 6.9), o que é devido à maior adição de C por sistemas de culturas com leguminosas estivais (Tabela 6.5 e 6.6). Essa diferença pode ser observada no estoque de C em 2005 no tratamento A+V/M+C que foi aproximadamente 5 Mg ha^{-1} superior ao do sistema A+V/M tanto na simulação como na observação realizada a campo (Tabela 6.9).

O efeito positivo da utilização de leguminosas sobre os estoques de C já foi demonstrado em vários trabalhos em várias partes do mundo. No Paquistão, Shafi et al. (2007) encontraram após 2 anos de utilização aumento nos estoques de C pela utilização de leguminosas. Sainju et al. (2002), nos Estados Unidos, observaram diferença de $1,46 \text{ Mg ha}^{-1}$ nos estoques de C após 5 anos entre os sistemas sem e com leguminosas. Amado et al. (2006) verificaram em quatro locais do Sul do Brasil com características edafoclimáticas distintas maiores estoques de C nos sistemas com leguminosas conduzidos em sistema plantio direto. Sob condições edafoclimáticas semelhantes ao do presente estudo, Amado et al. (2001) observaram maiores estoques de C nos sistemas com leguminosas de verão conduzidos em sistema plantio direto após 8 anos de condução do experimento, sendo que o sistema milho+mucuna incrementou os estoques de C orgânico a valores superiores ao do campo nativo.

Dentre as espécies leguminosas utilizadas neste estudo o guandu foi o que apresentou maior destaque na recuperação e aumento dos estoques de C, sendo que sua utilização promoveu um aumento nos estoques de C da camada de 0 – 20 cm de $18,9 \text{ Mg ha}^{-1}$ na área experimental e de $19,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ na simulação em 22 anos, o que se deve à alta adição de C encontrada neste sistema. Dieckow et al. (2005), no mesmo experimento, verificaram que após a utilização deste sistema de cultura por 17 anos houve um acréscimo de 21,2

Mg ha⁻¹ nos estoques de C da camada de 0 – 107,5 cm de profundidade. Macedo et al. (2008), estudando em uma área degradada em Angra dos Reis a variação dos estoques de C devido à utilização de leguminosas arbóreas (*Acacia auriculiformis*, *A. mangium*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, *Mimosa caesalpinifolia*, *Paraserianthes falcataria*), verificaram que a utilização destas espécies recuperou os estoques de C aos valores observados na área com vegetação nativa, sendo que os estoques de C na camada de 0 – 60 cm aumentaram em 23 Mg ha⁻¹ em apenas 13 anos.

Diante do exposto, fica evidente a necessidade da utilização de leguminosas, não só para o aumento do rendimento das culturas agrícolas (Bohlool et al., 1992; Peoples et al., 1995), mas também para melhorar a qualidade do solo pelo aumento do conteúdo de MOS, com conseqüente seqüestro de C pelo solo.

Com a variação nos sistemas de culturas utilizados a fração do COT para o ano de 2005 no compartimento ativo simulado pelo modelo variou de 1,91 a 3,46%. Já para o lento, a variação foi de 41,43 a 64,38%, enquanto que para o compartimento passivo foi de 32,16 a 56,65% (Tabela 6.10). Com o aumento da adição de C pelo sistema de cultura utilizado houve um aumento no estoque e na fração de C do compartimento lento, com pequena alteração no estoque de C do compartimento passivo. Isto demonstra a alta sensibilidade do compartimento lento ao manejo do solo e culturas utilizadas (Leite et al., 2004; Kelly et al., 1997). Alguns estudos tentam relacionar a fração leve da MOS (livre ou total), devido a sua sensibilidade ao manejo do solo (Conceição, 2006), ao C do compartimento lento da MOS. Wendling (2007) utilizando a versão 4.5 do modelo simulou valores de C lento bem próximos aos valores observados da fração leve livre particulada da MOS, considerada pelo autor como o compartimento lento simulado pelo modelo. Para tanto, o autor fez vários ajustes em parâmetros fixos do modelo relacionados à decomposição dos compartimentos, à relação C/N do compartimentos e ao fluxo de C entre os compartimentos. Já Richards et al. (2007) encontraram uma correlação significativa entre o C do compartimento lento e o C da fração leve. Entretanto, a declividade da relação indicou que C do compartimento lento do modelo continha mais compostos do que a MOS de baixa densidade. Diante disso,

permanece o desafio de avaliar a distribuição dos compartimentos simulados pelo modelo.

TABELA 6.10 Estoque e percentagem de carbono nos compartimentos da MOS simulados para o ano de 2005 pelo modelo Century 4.5 nos tratamentos do experimento 1.

Tratamentos	Compartimentos da MOS no ano de 2005		
	C ativo	C lento	C passivo
	-----Mg ha ⁻¹ (%)-----		
	Sem adubação nitrogenada mineral		
PD1 A/M ¹	0,56 (1,9)	12,17 (41,4)	16,64 (56,7)
PD1 A+V/M	1,02 (2,7)	19,17 (51,7)	16,9 (45,6)
PD1 A+V/M+C	1,17 (2,8)	23,96 (56,9)	16,99 (40,3)
PD1 LL+M	1,11 (2,5)	25,66 (58,7)	16,93 (38,7)
PD1 G+M	1,85 (3,5)	34,36 (64,4)	17,16 (32,2)
	Com adubação nitrogenada mineral		
PD1 A/M	0,90 (2,5)	18,97 (51,7)	16,83 (45,9)
PD1 A+V/M	0,96 (2,5)	19,95 (52,8)	16,87 (44,7)
PD1 A+V/M+C	1,16 (2,7)	24,86 (57,8)	17,01 (39,5)

¹A=aveia, C=caupi, G=guandu, LL=lablabe, M=milho e V=vica.

Os estoques de N observados e simulados pelo modelo para o ano de 2005 na camada de 0 - 20 cm encontram-se na Tabela 6.11. Todos os tratamentos, à exceção do A/M sem adubação nitrogenada mineral, promoveram manutenção ou aumentos nos estoques de N, o que também foi demonstrado pela simulação (Tabela 6.11, Figura 6.4 e 6.10).

TABELA 6.11 Nitrogênio total (NT) e relação C/N na camada de 0-20 cm observados e simulados para o ano de 2005 pelo modelo Century 4.5 nos tratamentos do Experimento 1.

Tratamentos	NT		C/N	
	Simulado ²	Observado	Simulado ³	Observado
	2005	2005	2005	2005
-----Mg ha ⁻¹ -----				
Sem adubação nitrogenada mineral				
PD1 A/M ¹	2,47	2,82	11,89	11,53
PD1 A+V/M	3,17	3,25	11,70	11,50
PD1 A+V/M+C	3,48	3,65	12,10	11,56
PD1 LL+M	3,65	3,80	11,97	11,10
PD1 G+M	4,13	3,91	12,92	13,37
Com adubação nitrogenada mineral				
PD1 A/M	3,25	3,09	11,30	11,66
PD1 A+V/M	3,37	3,28	11,20	11,52
PD1 A+V/M+C	3,75	3,78	11,48	11,42

¹A=aveia, C=caupi, G=guandu, LL=lablabe, M=milho e V=vica.

² Obtido pela variável de saída SOMSE(1).

³ Obtido pela divisão SOMSC/SOMSE(1).

O aumento no estoque de N se deve a um balanço positivo entre entradas e saídas de N do sistema. À exceção do A/M, os demais sistemas de culturas contêm uma leguminosa como cultura de cobertura, cuja presença possibilita a entrada de N no sistema via fixação simbiótica. O aumento no estoque de N nesses tratamentos se deve ao fato da fixação simbiótica de N superar as saídas do sistema (colheita e perdas). O maior aumento no estoque de N pelos sistemas com leguminosas de verão em relação àqueles com apenas leguminosas de inverno demonstra a maior quantidade de N fixado pelas primeiras (Weber & Mielniczuk, 2009), devido à sua rusticidade e maior produção de fitomassa (Aita, 1997). O modelo Century teve sucesso na simulação dos estoques de N, em parte, devido à simulação de valores de N fixados coerentes com os dados encontrados na literatura e no experimento, o que será discutido posteriormente. Com relação à prática da adubação nitrogenada mineral, esta foi determinante na manutenção e no aumento dos estoques de N, principalmente naqueles sistemas compostos apenas por gramíneas. No A/M essa prática foi determinante para se evitar a depleção

de N do solo por meio da remoção pela colheita. Entretanto, nos demais sistemas a aplicação de N mineral teve efeito menor no acúmulo de N total no solo.

O aumento dos estoques de N se reflete numa maior disponibilidade de N às culturas. Em estudo desenvolvido por Amado (1997) no Experimento 2, o autor encontrou maior quantidade de N absorvido pelo milho cultivado em parcelas sem resíduos vegetais que possuíam em seu histórico nove anos de cultivo com leguminosas, ou seja, naquelas que possuíam maior estoque de N. O autor observou que o sistema aveia+vica/milho+caupi proporcionou um aumento de $10,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de N absorvido pelo milho quando comparado ao aveia/milho. Efeito residual positivo do cultivo anterior de leguminosas sobre a nutrição do milho também foi observado por Pal & Shehu (2001). Já Weber & Mielniczuk (2009) no Experimento 1 observaram correlação positiva entre a quantidade de N absorvido pela aveia preta (cultivada em todas as parcelas do experimento) e os estoques de N.

A maioria dos trabalhos referentes ao modelo Century trazem resultados referentes ao C (Bhattacharyya et al., 2007; Álvaro-Fuentes et al., 2009; Galdos et al., 2009; Gao et al., 2008; Brickleyer et al., 2007) e poucos referentes à dinâmica do N do solo, o que pode ser devido à maior dificuldade do modelo em simular adequadamente a dinâmica deste elemento no solo. Wendling (2007), ao simular os efeitos de diferentes usos e manejos no C e N do solo sob cerrado no Brasil, observou que o modelo não apresentou o mesmo desempenho para o N em relação às simulações para o C, sendo que os estoques de N foram superestimados de 12 a 29%. Leite et al. (2004) também observou que o modelo superestimou os estoques de N de 7 a 10%. Essas tendências de superestimação dos estoques de N também foram observadas por Fernandes (2002) utilizando a versão 4 do modelo no experimento 2. Na presente pesquisa, com base no estudo realizado por Oliveira (2005) no Experimento 2, para evitar o problema da superestimação dos estoques de N simulados em relação aos observados, as máximas relações C/N dos materiais que entram nos compartimentos lento e passivos da MOS foram alteradas para valores superiores, o que aumentou a relação C/N da MOS com conseqüente decréscimo dos estoques de N. Os ajustes nestes parâmetros levaram a um bom ajuste das relações C/N de todos os

tratamentos (Tabela 6.11). Ao contrário do C, a maior parte do N simulado está no compartimento passivo da MOS. Entretanto, à medida que o N total do solo aumentou, mais N foi acumulado no compartimento lento e no ativo, porém em nenhum tratamento a quantidade de N do compartimento lento superou a do passivo (Tabela 6.12).

TABELA 6.12 Estoque e percentagem de nitrogênio nos compartimentos da MOS simulados para o ano de 2005 pelo modelo Century 4.5 nos tratamentos do experimento 1.

Tratamentos	Compartimentos do NT no ano de 2005		
	N ativo	N lento	N passivo
	-----Mg ha ⁻¹ (%)-----		
	Sem adubação nitrogenada mineral		
PD1 A/M ¹	0,05 (2,1)	0,48 (19,5)	1,94 (78,5)
PD1 A+V/M	0,21 (6,6)	0,96 (30,1)	2,00 (63,3)
PD1 A+V/M+C	0,26 (7,5)	1,20 (34,3)	2,03 (58,2)
PD1 LL+M	0,31 (8,6)	1,28 (35,4)	2,04 (56,1)
PD1 G+M	0,5 (12,1)	1,57 (37,9)	2,06 (50,0)
	Com adubação nitrogenada mineral		
PD1 A/M	0,26 (8,1)	0,96 (29,7)	2,03 (62,3)
PD1 A+V/M	0,28 (8,3)	1,06 (31,4)	2,03 (60,3)
PD1 A+V/M+C	0,35 (9,2)	1,35 (36,1)	2,05 (54,7)

¹A=aveia, C=caupi, G=guandu, LL=lablabe, M=milho e V=vica.

Pode-se observar que, à semelhança do que ocorre com os compartimentos de C simulados pelo modelo, à medida que aumentou a adição de C e de N pelo sistema ocorreu um aumento no tamanho e na proporção de N no compartimento lento, demonstrando a sensibilidade deste compartimento às práticas de manejo utilizadas. Como o compartimento lento é mais lábil que o passivo, segundo o modelo, uma maior quantidade e proporção de N neste compartimento determina uma maior quantidade de N disponibilizado pelo solo às culturas calculada pelo modelo.

Conforme os autores do Century (Parton et al., 1987; Metherel et al., 1994) os compartimentos da MOS simulados pelo modelo são teóricos (conceituais) e não podem ser diretamente comparados às frações físicas granulométricas ou volumétricas, entretanto, algumas relações podem ser

feitas. O compartimento passivo do modelo é considerado aquele de maior permanência no solo, ou seja, aquele com menor taxa de decomposição, por isso ele pode ser relacionado à fração pesada do fracionamento físico densimétrico da MOS e à fração associada aos minerais obtida no fracionamento físico granulométrico. No presente estudo a maior fração do estoque N simulado pelo modelo encontra-se no compartimento passivo, o que é coerente com a distribuição do N total do solo nas frações físicas da MOS. Em trabalho desenvolvido por Diekow (2003) com fracionamento físico granulométrico no Experimento 1 a maior parte do N do solo encontrou-se na fração associada aos minerais. Já em estudo desenvolvido por Tomazi (2008) com fracionamento densimétrico, a autora encontrou menor relação C/N na fração pesada da MOS.

6.3.2. Experimento 2

Na Tabela 6.13 encontram-se os valores simulados e observados de COT para o ano de 2003 nos tratamentos do Experimento 2. Observa-se que o modelo Century 4.5 com as modificações realizadas conseguiu reproduzir na simulação o feito dos preparos e culturas utilizadas por 18 anos nos estoques de C (Tabela 6.13, Figura 6.3, 6.7 e 6.8). Os estoques de C em PC em 2003 foram $6,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ menores que em PD, na média dos dados simulados para todos os tratamentos, enquanto que para os dados observados os estoques do PD superaram o PC em $4,3 \text{ Mg ha}^{-1}$. O menor estoque de C em PC se deve as maiores taxas de decomposição da MOS neste sistema (Lovato et al., 2004; Zinn et al., 2005b), cujo aumento se deve a maior aeração do sistema, que favorece os microrganismos, e a exposição da MOS que estava protegida no interior dos agregados contra o ataque de microrganismos (Sollins, et al, 1996; Conceição, 2006; Tomazi, 2008), devido ao revolvimento do solo.

A utilização do PC nesta condição edafoclimática promoveu queda nos estoques de C nos sistemas de culturas compostos apenas por gramíneas (Figura 6.3 e 6.8). Isso se deve à menor adição de C pelas culturas neste sistema. Já nos sistemas A+V/M+C sem adubação nitrogenada mineral há uma tendência de manutenção a leve decréscimo nos estoques, devido a sua maior adição de C pelas culturas (Figura 6.8). Neste sistema de culturas, as maiores

entradas de C conseguem contrabalancear as perdas devido à maior taxa de decomposição. Segundo Zanatta (2006) em PC no ambiente deste estudo são necessárias adições de C de $8,38 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para a manutenção dos estoques de C, as quais não são alcançadas nos tratamentos A/M. Com o aumento da adição de C pela utilização de adubação nitrogenada mineral no A+V/M+C pode-se observar que há um leve aumento nos estoques de C em relação ao mesmo sistema de cultura utilizado sem adição de N mineral (Figura 6.8 e Tabela 6.13).

TABELA 6.13 Carbono orgânico total (COT) na camada de 0-20 cm observado e simulado para o ano de 2003 pelo modelo Century 4.5 nos tratamentos do Experimento 2.

Tratamentos	COT (Mg ha^{-1})	
	Simulado ² 2003	Observado 2003
Sem adubação nitrogenada mineral		
PC A/M ¹	25,33	27,8
PC A+V/M+C	32,8	32,8
PD2 A/M	30,23	31,2
PD2 A+V/M+C	40,75	37,4
Com adubação nitrogenada mineral		
PC A/M	30,15	29,9
PC A+V/M+C	34,3	33,8
PD2 A/M	36,24	33,6
PD2 A+V/M+C	41,9	39,5

¹A=aveia, C=caupi, M=milho e V=viva. PC=preparo convencional, PD2=plantio direto no Experimento 2

²Obtido pela variável de saída SOMSC.

Nos sistemas de culturas em PD, à exceção do A/M sem adubação nitrogenada mineral, houve acréscimo nos estoques de COT com a sua utilização (Figura 6.7), estando o acúmulo de C relacionado com a adição de C pelo sistema. Segundo Zanatta (2006) a adição de C necessária para manter os estoques de C neste ambiente em PD é de $5,38 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Há uma tendência de estabilização dos estoques de C no sistema A+V/M+C sem e com adubação nitrogenada mineral a partir da segunda amostragem de solo para análise de C, a qual não foi observada na simulação (Figura 6.7).

O efeito dos sistemas de preparo sobre os estoques de C já foi demonstrado em vários experimentos (West & Post, 2002; Novak et al., 2007; Dieckow et al., 2009). West & Post (2002), compilando dados de 67 experimentos de longa duração, observaram que a mudança do PC para o PD leva a um seqüestro médio de $48 \text{ g C m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$, sendo que este seqüestro aumenta quando se utilizam rotação de culturas no sistema em comparação a monocultura. Entretanto, os autores observaram que, em média, a mudanças nos estoques de C acontecem dentro dos primeiros 10 a 15 anos após a implantação do sistema PD. Entretanto, quando há aumento na complexidade da rotação, aumento na adição de resíduos, as taxas de seqüestro podem continuar por um período de tempo de até 60 anos. Bayer et al. (2006) calcularam com base em dados experimentais taxas de sequestro de C pelo solo ao substituir-se o PC pelo PD. Os autores encontraram uma taxa de seqüestro de C para a camada de 0 – 20 cm de $0,48 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para a zona subtropical do Brasil. Já, para os solos tropicais do Brasil, os autores encontraram uma taxa de $0,35 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. A maior taxa encontrada nos solos subtropicais foi atribuída, não apenas a menor temperatura do local, mas a maior adição de C pelas culturas nesta região, na qual podem ser cultivadas culturas durante o ano inteiro (inverno e verão). Entretanto, no trópico brasileiro, devido à distribuição das chuvas, o cultivo é restrito a apenas uma estação do ano.

O modelo Century, quando calibrado, pode simular a mudança na dinâmica dos estoques de C pela utilização de diferentes práticas agrícolas em escala regional. Em estudo desenvolvido por Tornquist (2007) na região de Ibirubá no RS, o modelo Century foi utilizado na avaliação dos estoques de C ocorridas nesta região desde o início da agricultura em 1900 até o ano de 2050. O estoque de C decresceu de $5,043 \text{ Tg de C}$ em 1900 na área compreendida pelos municípios de Ibirubá e Quinze de Novembro para $3,737 \text{ Tg de C}$ em 1985 pela utilização do manejo convencional. Entretanto, com a introdução de técnicas conservacionistas de solo nos anos 80, houve uma recuperação dos estoques de C, atingindo $4,276 \text{ Tg}$ no ano de 2005. Bortolon (2008), com o mesmo objetivo de Tornquist (2007), porém na região de Ijuí, utilizando o modelo Century encontrou redução de 50% nos estoques de C de 1900 a 1986 pela utilização do manejo convencional. Com a entrada do manejo

conservacionista em 1987, houve uma recuperação do conteúdo de C em até 65%.

Diante do exposto fica evidente a necessidade da utilização de sistemas conservacionistas e sistemas de culturas com alta adição de biomassa como práticas agrícolas para a conservação e melhoria da qualidade do solo, bem como para o sequestro de C pelo solo objetivando mitigar as emissões de gases de efeito estufa (Bayer et al., 2000; Lal, 2004).

Com relação aos compartimentos de C para o ano de 2003, o PD apresentou maior estoque e fração do C no compartimento lento da MOS (Tabela 6.14), devido ao PC provocar decréscimo neste compartimento, com conseqüente aumento na proporção do compartimento passivo. Sabe-se que o decréscimo de C provocado pelo revolvimento do solo é mais intenso na fração leve do que na fração pesada da MOS (Conceição, 2006; Tomazi, 2008), dessa forma, ao se comparar a fração leve da MOS ao compartimento lento simulado pelo modelo, pode-se dizer que o modelo está simulando coerentemente os compartimentos do C.

TABELA 6.14 Estoque e percentagem de carbono nos compartimentos da MOS simulados para o ano de 2003 pelo modelo Century 4.5 nos tratamentos do Experimento 2.

Tratamentos	Compartimentos do COT no ano de 2003		
	C ativo	C lento	C passivo
	-----Mg ha ⁻¹ (%)-----		
	Sem adição de adubação nitrogenada mineral		
PC A/M ¹	0,65 (2,6)	9,14 (36,1)	15,53 (61,3)
PC A+V/M+C	1,04 (3,2)	15,89 (48,5)	15,86 (48,4)
PD2 A/M	0,59 (2,0)	12,93 (42,8)	16,71 (55,3)
PD2 A+V/M+C	1,11 (2,7)	22,69 (55,7)	16,95 (41,6)
	Com adição de adubação nitrogenada mineral		
PC A/M	0,98 (3,3)	13,42 (44,5)	15,75 (52,2)
PC A+V/M+C	1,13 (3,3)	17,28 (50,4)	15,90 (46,3)
PD2 A/M	0,91 (2,5)	18,51 (51,1)	16,83 (46,4)
PD2 A+V/M+C	1,15 (2,7)	23,80 (56,8)	16,97 (40,5)

¹A=aveia, C=caupi, M=milho e V=viva. PC=preparo convencional, PD2=plantio direto no Experimento 2

Com a introdução de uma leguminosa e/ou uso da adubação nitrogenada mineral, levando ao aumento da adição de C pelo sistema de cultura utilizado, houve um aumento no C do compartimento lento tanto no PC quanto no PD (Tabela 6.14). Assim como a fração leve é a que mais responde a adição de C pelas culturas, na simulação este comportamento também foi evidenciado para o C do compartimento lento, demonstrando a coerência dos dados simulados pelo modelo.

Os estoques de N e relação C/N observados e simulados pelo modelo para o ano 2003 encontram-se na Tabela 6.15. Assim como ocorreu com o C do solo, o PD, a introdução de leguminosas e adubação nitrogenada mineral promoveram aumento nos estoques de N (Figura 6.11) em comparação aos demais tratamentos. Com relação ao PC, verifica-se na Figura 6.12 pelos estoques simulados, que, a exceção do sistema A/M sem adubação nitrogenada mineral, a partir da segunda amostragem de solo há uma tendência de estabilização dos estoques de N. A simulação coerente da dinâmica do C e do N do solo com os dados observados proporcionou uma simulação condizente da relação C/N dos diferentes tratamentos após 18 anos

de utilização (Tabela 6.15). No sistema A/M sem adubação nitrogenada mineral, tanto em PC como em PD, a queda no estoque de N se deve a remoção pela colheita dos grãos de milho.

TABELA 6.15 Nitrogênio total (NT) e relação C/N na camada de 0-20 cm observados e simulados para o ano de 2003 pelo modelo Century 4.5 nos tratamentos do Experimento 2.

Tratamentos	NT		C/N	
	Simulado ²	Observado	Simulado ³	Observado
	2003	2003	2003	2003
-----Mg ha ⁻¹ -----				
Sem adubação nitrogenada mineral				
PC A/M ¹	2,49	2,42	10,17	11,49
PC A+V/M+C	3,18	3,08	10,37	10,64
PD2 A/M	2,53	2,8	11,95	11,14
PD2 A+V/M+C	3,39	3,51	12,02	10,66
Com adubação nitrogenada mineral				
PC A/M	3,03	2,83	9,95	10,56
PC A+V/M+C	3,38	3,34	10,14	10,12
PD2 A/M	3,22	3,11	11,25	10,80
PD2 A+V/M+C	3,66	3,89	11,45	10,15

¹A=aveia, C=caupi, M=milho e V=viva. PC=preparo convencional, PD2=plantio direto no Experimento 2

² Obtido pela variável de saída SOMSE (1)

³ Obtido pela divisão SOMSC/SOMSE(1).

A maior parte do N do solo simulado para o ano de 2003 está localizada no compartimento passivo (Tabela 6.16) tanto nos tratamentos em PC como em PD. A maior proporção de N no compartimento passivo em relação ao C leva a uma menor relação C/N deste compartimento, com conseqüente maior C/N no compartimento lento. Ao se comparar o compartimento lento à fração leve da MOS, também podemos comparar o compartimento passivo à fração pesada da MOS no fracionamento densimétrico, a qual possui menor C/N que a fração leve (Tomazi, 2008), demonstrando que o modelo está simulando com coerência a dinâmica do N do solo.

TABELA 6.16 Estoque e percentagem de nitrogênio nos compartimentos da MOS simulados para o ano de 2003 pelo modelo Century 4.5 nos tratamentos do Experimento 2.

Compartimentos do NT no ano de 2003			
Tratamentos	N ativo	N lento	N passivo
	-----Mg ha ⁻¹ (%)-----		
Sem adição de adubação nitrogenada mineral			
PC A/M ¹	0,11 (4,6)	0,54 (21,5)	1,84 (73,9)
PC A+V/M+C	0,25 (8,0)	1,01 (31,90)	1,91 (60,2)
PD2 A/M	0,06 (2,5)	0,52 (20,7)	1,96 (77,1)
PD2 A+V/M+C	0,24 (7,1)	1,13 (33,3)	2,02 (59,5)
Com adição de adubação nitrogenada mineral			
PC A/M	0,24 (8,0)	0,88 (29,2)	1,90 (62,8)
PC A+V/M+C	0,32 (9,4)	1,14 (33,7)	1,93 (57,0)
PD2 A/M	0,26 (8,1)	0,94 (29,2)	2,02 (62,7)
PD2 A+V/M+C	0,34 (9,3)	1,28 (35,1)	2,04 (55,6)

¹A=aveia, C=caupi, M=milho e V=viva. PC=preparo convencional, PD2=plantio direto no Experimento 2

6.4. Efeito de sistemas de cultura e preparo do solo sobre variáveis referentes a dinâmica do nitrogênio estimadas pelo modelo Century 4.5

Devido aos tratamentos A/M e A+V/M+C sem e com adubação nitrogenada mineral em PD estarem presentes tanto no Experimento 1 como no Experimento 2, serão discutidos nesta seção apenas aqueles do Experimento 1.

6.4.1. Adições e retiradas de N pelas culturas

Ao se comparar a quantidade de N presente nos grãos da cultura do milho estimada pela equação apresentada por Lovato (2001) e pelo modelo Century (Tabela 6.17), verifica-se que em alguns tratamentos o modelo Century apresentou valores bem superiores aos estimados pela equação de Lovato (2001). No tratamento A/M sem N, tanto em PD quanto em PC, o N contido no grão estimado pelo modelo Century é aproximadamente 70% maior que o

estimado pela equação de Lovato (2001), o que pode explicar, em parte, a queda nos estoques de N simulados pelo modelo, principalmente, nos tratamentos em PD em relação aos valores observados, ou seja, a extração de N pela colheita é muito maior na simulação do que a observada nos experimentos. No tratamento A+V/M sem N do Experimento 1 também é observado que o valor de N contido nos grãos estimado pelo modelo é duas vezes maior que o estimado pela equação de Lovato (2001), o que se deve à maior produção vegetal do milho estimada pelo modelo, a qual pode ser observada na maior adição de C deste tratamento em relação ao valor observado (Tabela 6.5).

TABELA 6.17 Nitrogênio contido nos grãos estimado pela equação apresentada por Lovato (2001) e pelo modelo Century (EGRAIN(1)) e N fixado simbioticamente estimado (SNFXAC(1)) pelo modelo Century nos sistemas de culturas do Experimento 1 e nos sistemas de cultura em preparo convencional no Experimento 2.

Tratamentos	EGRAIN(1)		N grão (Lovato (2001))		SNFXAC(1)
	Sem N	Com N	Sem N	Com N	Sem N
	-----kg ha ⁻¹ ano ⁻¹ -----				
	Experimento 1 (1984-2008)				
PD1 A/M ¹	34,79	77,52	21,57	78,87	0
PD1 A+V/M	75,18	77,56	36,80	75,10	76,70
PD1 A+V/M+C	60,07	89,44	43,82	77,14	110,50
PD1 LL+M	50,37	-	47,90	-	118,00
PD1 G+M	62,10	-	50,87	-	176,00
	Experimento 2 (1986-2008)				
PC A/M	31,82	73,00	18,12	78,38	0
PC A+V/M+C	54,63	82,88	35,7	80,25	100,76

¹A=aveia, C=caupi, G=guandu, LL=lablabe, M=milho e V=vica. PC=preparo convencional e PD1=plantio direto no Experimento 1.

Quanto ao N fixado estimado pelo modelo Century, os valores estimados são superiores aos estimados por Weber & Mielniczuk (2009) para os tratamentos do presente estudo. Entretanto, a quantidade de N fixada simbioticamente estimada pelo método desenvolvido por Weber & Mielniczuk (2009) deve estar subestimada visto que os autores não levaram em

consideração no cálculo o N perdido por desnitrificação, lixiviação e volatilização. Para o tratamento A+V/M Weber & Mielniczuk (2009) estimaram uma quantidade de N fixado anualmente de 36 kg ha⁻¹, metade da estimada pelo modelo Century no presente estudo. Devido à alta extração de N pelo grão estimada pelo modelo neste tratamento, o modelo responde com uma alta fixação biológica.

Nos tratamentos com adição de N mineral na forma de adubo, a fixação biológica estimada pelo modelo ou ocorreu apenas nos primeiros anos após a instalação do experimento (A+V/M) ou as quantidades estimadas foram bem menores do que quando sem utilização de N mineral (A+V/M+C).

6.4.2. Mineralização de N

Com a adição de N mineral houve, em média, um aumento de 12% na mineralização líquida de N estimada pelo modelo (Tabela 6.18) ocorrida durante o período experimental, o que é reflexo do maior estoque de N total nos sistemas de culturas com adição de N mineral como adubo. A presença de leguminosas, principalmente estivais, também promoveu a aumento na quantidade de N mineralizado, o que é devido também ao aumento do estoque de N promovido por estas culturas. A utilização de revolvimento aumentou em média 40% a mineralização líquida de N representada pela variável de saída SOILNM(1) no sistema A/M, enquanto no sistema A+V/M+C o aumento foi de 130% (Tabela 6.18).

TABELA 6.18 Mineralização líquida no solo (SOILNM(1)) e total (TNETMN(1)) de nitrogênio na camada de 0 – 20 cm estimadas pelo modelo Century nos sistemas de culturas do Experimento 1 e nos sistemas de culturas em preparo convencional no Experimento 2.

Tratamentos	SOILNM(1) ²		TNETMN(1) ³	
	Sem N	Com N	Sem N	Com N
-----kg ha ⁻¹ ano ⁻¹ -----				
Experimento 1 (1984-2008)				
PD1 A/M ¹	88,5	97,8	101,4	119,6
PD1 A+V/M	105,7	117,4	212,2	242,3
PD1 A+V/M+C	124,1	137,6	329,5	353,8
PD1 LL+M	111,3	-	339,3	-
PD1 G+M	120,6	-	273,3	-
Experimento 2 (1986-2008)				
PC A/M	103,3	117,5	100,6	113,4
PC A+V/M+C	241,4	265,1	319,2	345,0

¹A=aveia, C=caupi, G=guandu, LL=lablabe, M=milho e V=vica. PC=preparo convencional e PD1=plantio direto no Experimento 1.

² Acumulador anual da mineralização líquida de N dos compartimentos do solo (MOS, liteira subsuperficial e raízes mortas)

³ Acumulador anual da mineralização líquida de N proveniente de todos os compartimentos.

6.4.3. Perdas de N

Em todas as formas de perdas de N estimadas pelo modelo houve aumento das mesmas com o aumento da disponibilidade de N, seja pela adubação nitrogenada mineral ou pela utilização de leguminosas (Tabela 6.19), porém a utilização de N mineral foi mais determinante.

TABELA 6.19 Lixiviação (STREAM(2)) e perdas voláteis ((VOLEAC(1); VOLGAC(1)) de N estimadas pelo modelo Century nos sistemas de culturas do Experimento 1 e nos sistemas de culturas em preparo convencional no Experimento 2.

Tratamentos	VOLEAC(1) ²		VOLGAC(1) ³		STREAM(2) ⁴	
	Sem N	Com N	Sem N	Com N	Sem N	Com N
-----kg ha ⁻¹ ano ⁻¹ -----						
Experimento 1 (1984-2008)						
PD1 A/M ¹	0,1	2,24	0,05	0,13	1,12	57,57
PD1 A+V/M	0,28	3,10	0,11	0,15	1,67	55,94
PD1 A+V/M+C	0,23	1,64	0,14	0,18	1,98	14,41
PD1 LL+M	0,53	-	0,15	-	6,24	-
PD1 G+M	0,69	-	0,17	-	14,76	-
Experimento 2 (1986-2008)						
PC A/M	0,23	2,38	0,07	0,14	2,23	68,66
PC A+V/M+C	0,53	2,73	0,17	0,21	2,58	43,13

¹A=aveia, C=caupi, G=guandu, LL=lablabe, M=milho e V=vica. PC=preparo convencional e PD1=plantio direto no Experimento 1.

² Acumulador anual das perdas voláteis de N em função do N mineral remanecente no solo após a absorção das plantas.

³ Acumulador anual das perdas voláteis de N em função da mineralização bruta.

⁴ N mineral lixiviado.

O modelo Century não simula perdas por volatilização de NH₃ proveniente da uréia. As perdas voláteis simuladas pelo modelo se referem a perdas provenientes da quantidade de N mineral no solo. Segundo o modelo a variável VOLEAC(1) representa a perda por desnitrificação. Verifica-se que com a aplicação de N mineral há maior perda de N representado por esta variável. Gomes (2006) e Zanatta (2009) que desenvolveram estudos sobre a emissão de N₂O nestes experimentos de longa duração observaram que a utilização desta prática aumentou as emissões de N₂O. A magnitude dos valores de N perdidos anualmente conforme a variável VOLEAC(1) variaram de 0,1 a 3,10 kg ha⁻¹. Já Zanatta (2009) encontrou emissões anuais de N₂O em equivalente de N na ordem de 1 kg ha⁻¹ ano⁻¹.

Dentre as formas de perdas estimadas, a lixiviação foi a que apresentou maior proporção. A adubação nitrogenada mineral foi a prática mais impactante nas perdas por lixiviação, a qual promoveu acréscimos de mais de 1000% nesta saída de N do sistema. Os valores simulados pelo modelo são

preocupantes, entretanto, não há dados disponíveis de percolação de N mineral no perfil do solo nos experimentos para comparação.

6.5. Evolução dos estoques de C e de N do solo projetados pelo modelo Century até o ano de 2060 sob diferentes sistemas de manejo

Neste capítulo será apresentada a dinâmica da variação dos estoques de C e de N, bem como de seus compartimentos, simulada pelo modelo Century nos diferentes sistemas de culturas e preparos do solo até o ano de 2060. Devido os tratamentos A/M e A+V/M+C sem e com adubação nitrogenada mineral conduzidos em plantio direto estarem presentes em ambos os experimentos, serão discutidos apenas aqueles do Experimento 1, visto que a dinâmica simulada é idêntica em ambas as situações.

Na Figura 6.15 é apresentada a evolução dos estoques de C nos tratamentos A/M e A+V/M em sistema plantio direto. Observa-se que apenas no sistema A/M sem N mineral há contínua queda nos estoques de C, não chegando à estabilização no ano de 2060. Entretanto, nos demais tratamentos, pela maior disponibilidade de N, que determinou maior adição de C pelas culturas, houve aumento nos estoques de C, os quais se estabilizaram em 36,09 Mg ha⁻¹ no A/M com N, 36,18 Mg ha⁻¹ no A+V/M sem N e em 37,45 Mg ha⁻¹ no A+V/M com N em 2060, sendo que esta estabilização ocorreu por volta do ano de 2010.

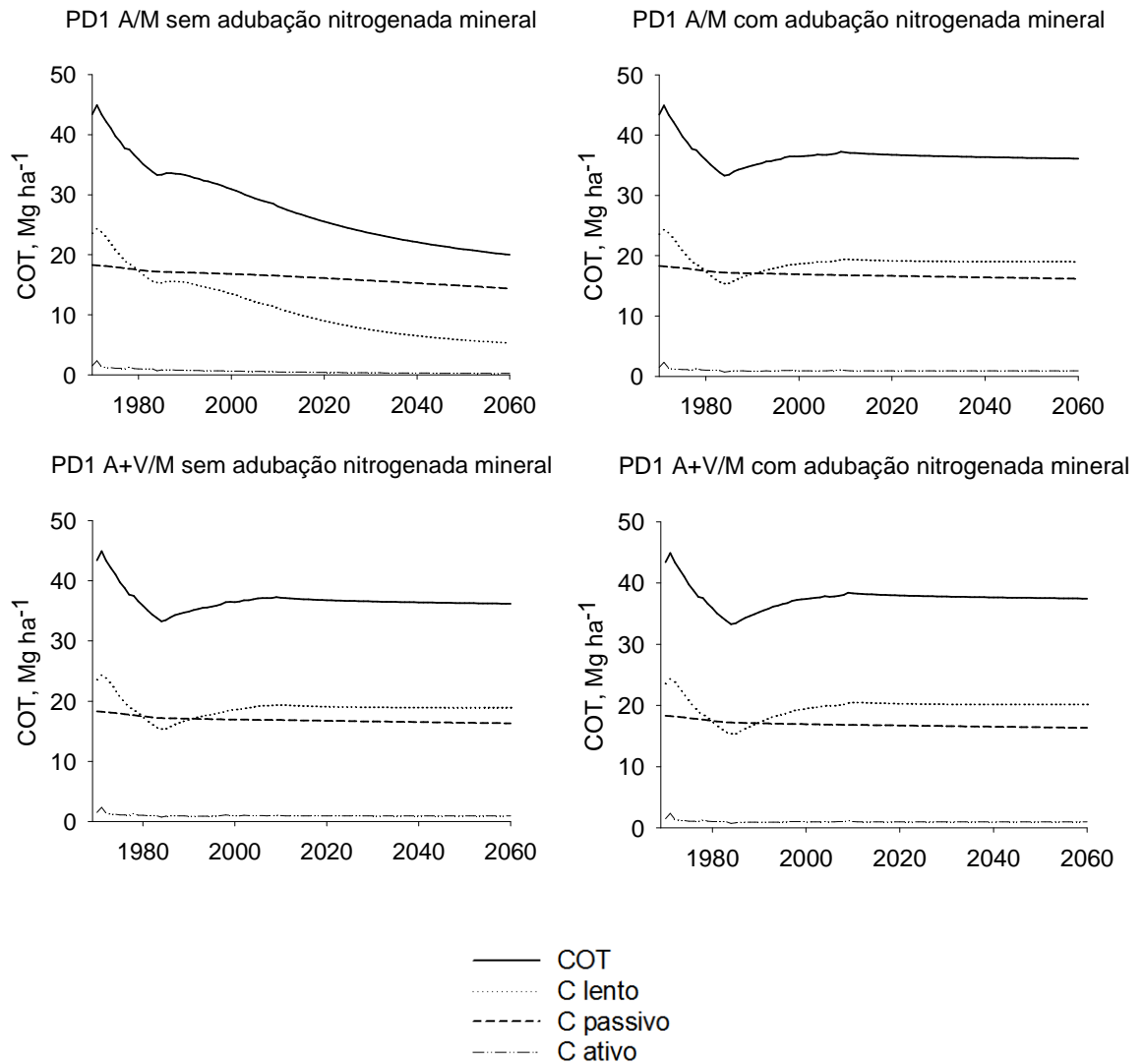


FIGURA 6.15 Dinâmica dos estoques totais e dos compartimentos do C do solo nos cenários de manejo do campo nativo, cultivado com colza e girassol e nos tratamentos em plantio direto aveia/milho (A/M) sem e com adubação nitrogenada mineral e aveia+vica/milho (A+V/M) no Experimento 1 estimada até o ano de 2060 pelo modelo Century 4.5.

Quanto aos demais tratamentos conduzidos em plantio direto, A+V/M+C, LL+M e G+M, houve aumento nos estoques de C em todos os tratamentos (Figura 6.16). Entretanto esse aumento foi superior ao encontrado nos sistemas anteriormente discutidos, o que é devido à alta adição de C pelas culturas destes sistemas. O aumento nos estoques de C nestes tratamentos, a partir da instalação do experimento, variou de 9,18 a 26,01 Mg ha^{-1} , o que determinou que os estoques de C ao final do período simulado chegassem ao do campo nativo (PD1 A+V/M+C sem N) ou até mesmo superassem este estoque, como no caso do G+M que chegou a um estoque de C de 59,83 Mg ha^{-1} .

ha⁻¹. Não seguindo o mesmo comportamento dos tratamentos PD1 A/M com N, PD1 A+V/M sem e com N, os estoques de C nos tratamentos A+V/M+C sem e com N e no LL+M alcançaram a estabilização por volta do ano de 2015 a 2020. Entretanto, o estoque de C do PD1 G+M ainda não chegou na estabilização no ano de 2060, o que pode ser devido a sua alta adição de C. Segundo West & Post (2002) o aumento da complexidade da rotação pode resultar numa taxa de seqüestro de C mais duradoura. Na simulação fica evidente que a utilização do PD associado a culturas com alta adição de resíduos é eficiente na recuperação dos estoques de C em áreas degradadas.

Entretanto, com a utilização do preparo convencional está ocorrendo decréscimo contínuo nos estoques ao longo do período observado nos sistemas com A/M (Figura 6.17). Já nos sistemas A+V/M+C houve um acúmulo inicial ocorrido até aproximadamente o ano 2000, sendo que após ocorreu leve decréscimo nos estoques de C. O comportamento diferenciado do sistema A+V/M+C se deve as altas adições de C pelas culturas deste tratamento, as quais estão próximas do valor observado por Zanatta (2006) como aquele necessário para manter os estoques de C nas condições edafoclimáticas do estudo. O grande impacto da utilização do preparo convencional associado a sistemas de culturas com baixa adição de resíduos pode ser observado no tratamento PC A/M sem adubação nitrogenada mineral, o qual determinou uma perda de 65% do estoque de C encontrado no campo nativo e de 56% em relação ao estoque de C no momento da instalação do experimento.

Leite et al. (2004) encontrou comportamento semelhante ao do presente estudo ao simular a dinâmica do C sob diferentes preparos do solo com o modelo Century. Simulando até o ano de 2050, os autores observaram menores perdas de C no sistema plantio direto que apresentou estoque de C de aproximadamente 25 Mg ha⁻¹, já o sistema de preparo com grade pesada de discos e aração chegou ao final do período simulado com aproximadamente 13 Mg ha⁻¹ de C.

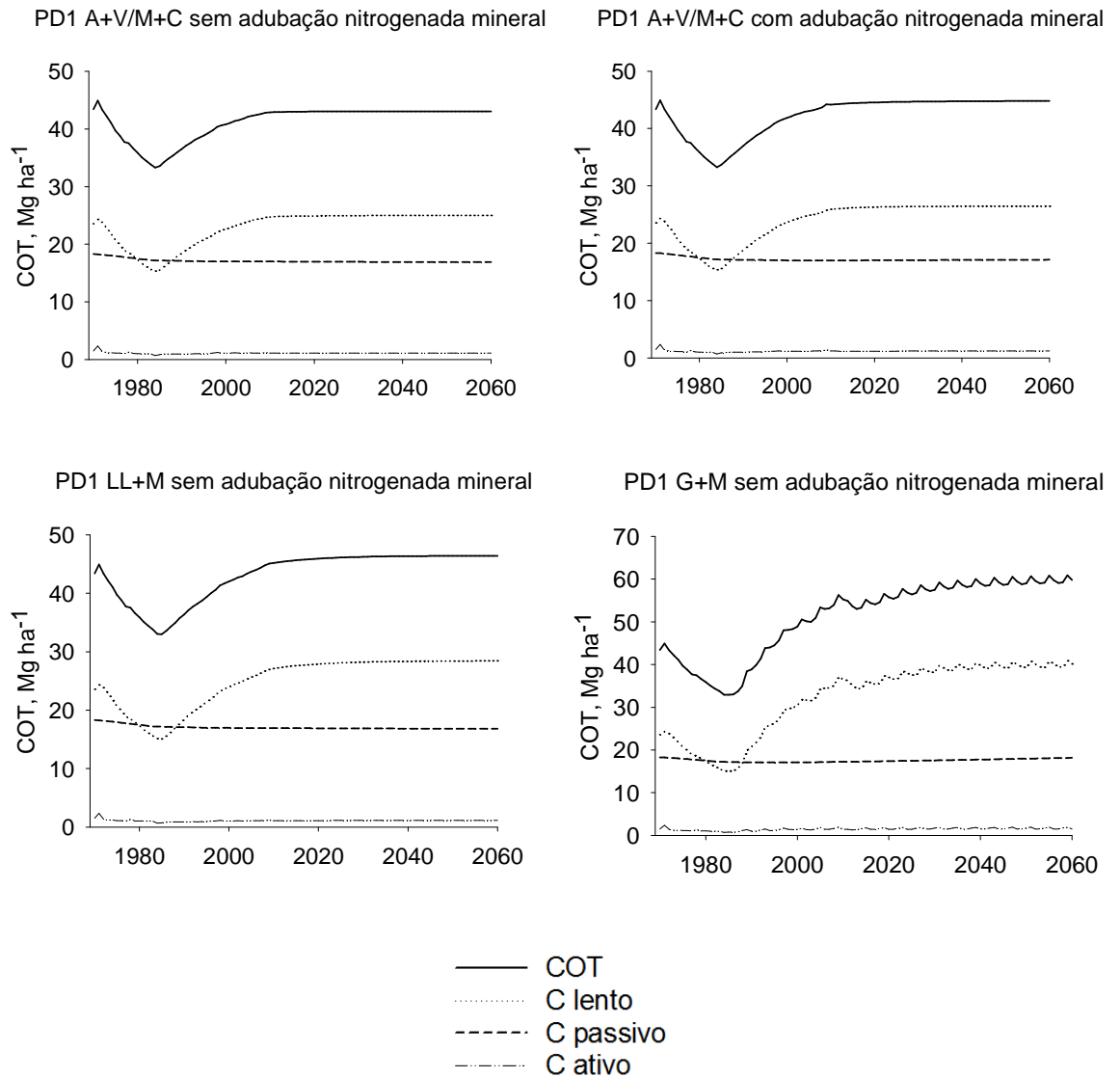


FIGURA 6.16 Dinâmica dos estoques totais e dos compartimentos do C do solo nos cenários de manejo do campo nativo, cultivado com colza e girassol e nos tratamentos em plantio direto aveia+vica/milho+caupi (A+V/M+C) sem e com adubação nitrogenada mineral, lablabe+milho (LL+M) e guandu+milho (G+M) sem adubação nitrogenada mineral no Experimento 1 estimada até o ano de 2060 pelo modelo Century 4.5.

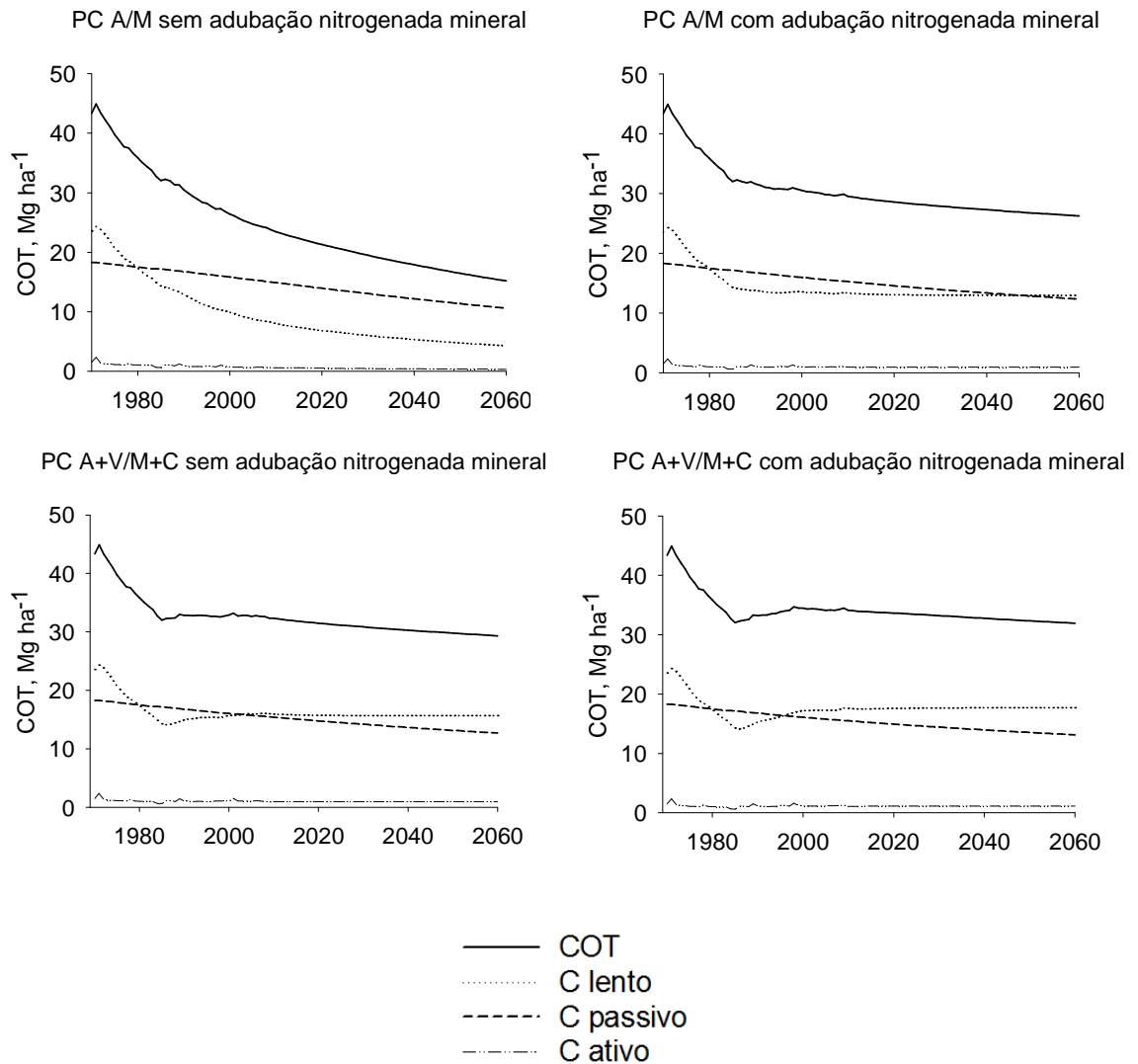


FIGURA 6.17 Dinâmica dos estoques totais e dos compartimentos do C do solo nos cenários de manejo do campo nativo, cultivado com colza e girassol e nos tratamentos em preparo convencional aveia/milho (A/M) sem e com adubação nitrogenada mineral e aveia+vica/milho+caupi (A+V/M+C) no Experimento 2 estimada até o ano de 2060 pelo modelo Century 4.5.

Pode-se observar nas Figuras 6.15, 6.16 e 6.17 que a mudança nos estoques de C foi devido, principalmente, a variação no compartimento lento. A maior parte da recuperação ou perda de C determinada pelos sistemas de preparo e de culturas ocorreu no compartimento lento da MOS, demonstrando a sensibilidade deste ao manejo do solo. Em sistema plantio direto houve pequeno decréscimo (média de 1 Mg ha⁻¹) no compartimento passivo com a utilização dos sistemas de culturas em plantio direto por 78 anos (Figuras 6.15 e 6.16). Já em preparo convencional houve uma perda média de 5 Mg ha⁻¹ de C no compartimento passivo, o que demonstra o maior impacto do preparo

sobre o compartimento de C mais persistente no solo. Fazendo-se uma relação entre as frações físicas da MOS e os compartimentos de C do modelo Century, verifica-se que o comportamento observado entre os preparos sobre a perda de C do lento e passivo é coerente com o observado por Conceição (2006), o qual estudou a variação nos estoques de C nas frações densimétricas da MOS em função dos preparos de solos e sistemas de culturas utilizados no segundo experimento. O autor observou que a fração leve é a que mais sofre alteração em função do manejo, como o C lento simulado pelo modelo, e embora a fração pesada tenha apresentado menor variação em função do manejo adotado, houve menor estoque de C nesta fração sobre preparo convencional, a semelhança do que ocorreu com o C do compartimento passivo simulado pelo modelo.

O efeito do manejo sobre os estoques de C no compartimento lento se deve a sensibilidade deste compartimento à adição de C pelas culturas (Figura 6.18), demonstrando a dependência dos estoques de C à adição de biomassa. Nesta figura verifica-se a menor dependência do compartimento passivo à adição de C. Como comentado anteriormente, o modelo Century, assim como a maioria dos modelos da dinâmica da MOS, emprega cinética de primeira ordem para os processos de decomposição, ou seja, o modelo prediz uma linearidade entre o nível de adição de C e o estoque de C no equilíbrio (após a estabilização). Entretanto, esta linearidade determina que o estoque de C no equilíbrio pode crescer continuamente com o aumento da adição de C, não havendo um limite para o sequestro de C pelo solo. Entretanto, vários estudos tem demonstrado que cada solo possui uma capacidade para armazenar C na forma de MOS, ou seja, o solo pode saturar-se (Stewart et al., 2007; Six et al.; 2002). Dessa forma, há de se ter cautela ao avaliar o estoque de C simulado pelo modelo para o ano de 2060 no sistema G+M, visto este estoque é $16,46 \text{ Mg ha}^{-1}$ superior ao do campo nativo.

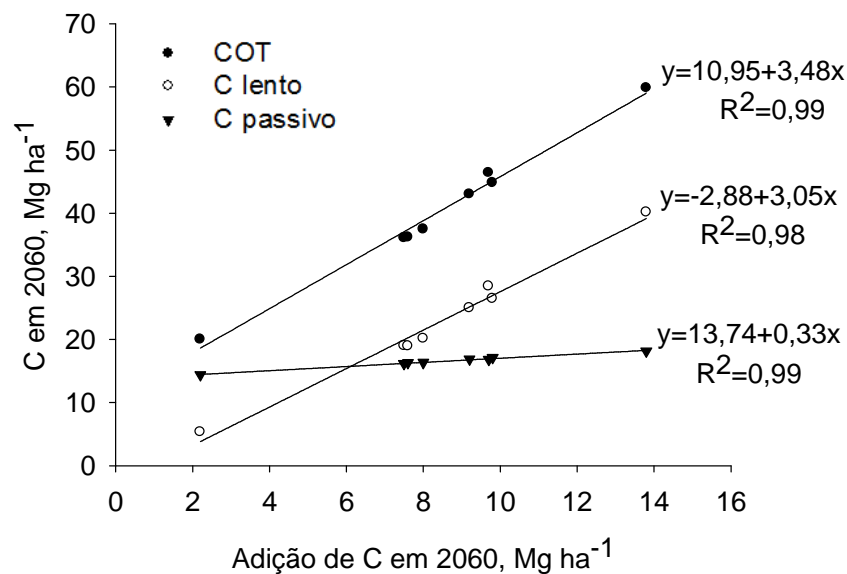


FIGURA 6.18 Relação entre a adição de C pelas culturas no ano de 2060 e os estoques de C total, no compartimento lento e no compartimento passivo no ano de 2060 nos tratamentos em sistema plantio direto simulados pelo modelo Century.

Para a simulação dos estoques de C até o ano de 2060 foram utilizados dados médios de 30 anos de precipitação e temperatura, não sendo feitas simulações com mudanças em variáveis de clima. Shrestha et al. (2009) simulou a dinâmica dos estoques de C em área cultivada no Nepal sem e com aumento na temperatura e na precipitação. Os autores observaram que com estas alterações nas variáveis climáticas os estoques de C simulados pelo modelo Century para o ano de 2050 eram 2,3% menores que na condição sem alteração climática, o que foi atribuído ao aumento da taxa de decomposição pelo aumento da temperatura.

Segundo Lugato & Berti (2008) há várias fontes de incertezas que devem ser consideradas ao se avaliar resultados de simulações dos estoques de C com previsão de mudanças climáticas. A primeira se refere ao manejo fixo utilizado ao longo da simulação e a não utilização do melhoramento genético das culturas, já que os agricultores podem reagir em resposta ao aquecimento global utilizando práticas mais convenientes. Segundo, existe a incerteza com relação ao modelo, que não considera aspectos de saturação de C pelo solo. Além disso, no modelo Century, as taxas de decomposição dos compartimentos de C são igualmente sensíveis a temperatura, ou seja, o Q_{10} do C lábil e do C mais resistente não mudam com o aumento da temperatura.

Entretanto, o assunto sobre a sensibilidade da MOS e das suas diferentes frações a temperatura é controverso (Thorley & Cannell, 2001; Davidson & Janssens, 2006; Kirschbaum, 2006).

O comportamento dos estoques de N de 1970 até o ano de 2060 seguiu o do C. Comparando-se todos os sistemas em plantio direto, apenas o PD1 A/M sem adubação nitrogenada mineral apresentou queda nos estoques de N, sendo que esta continua até o ano de 2060 (Figura 6.19).

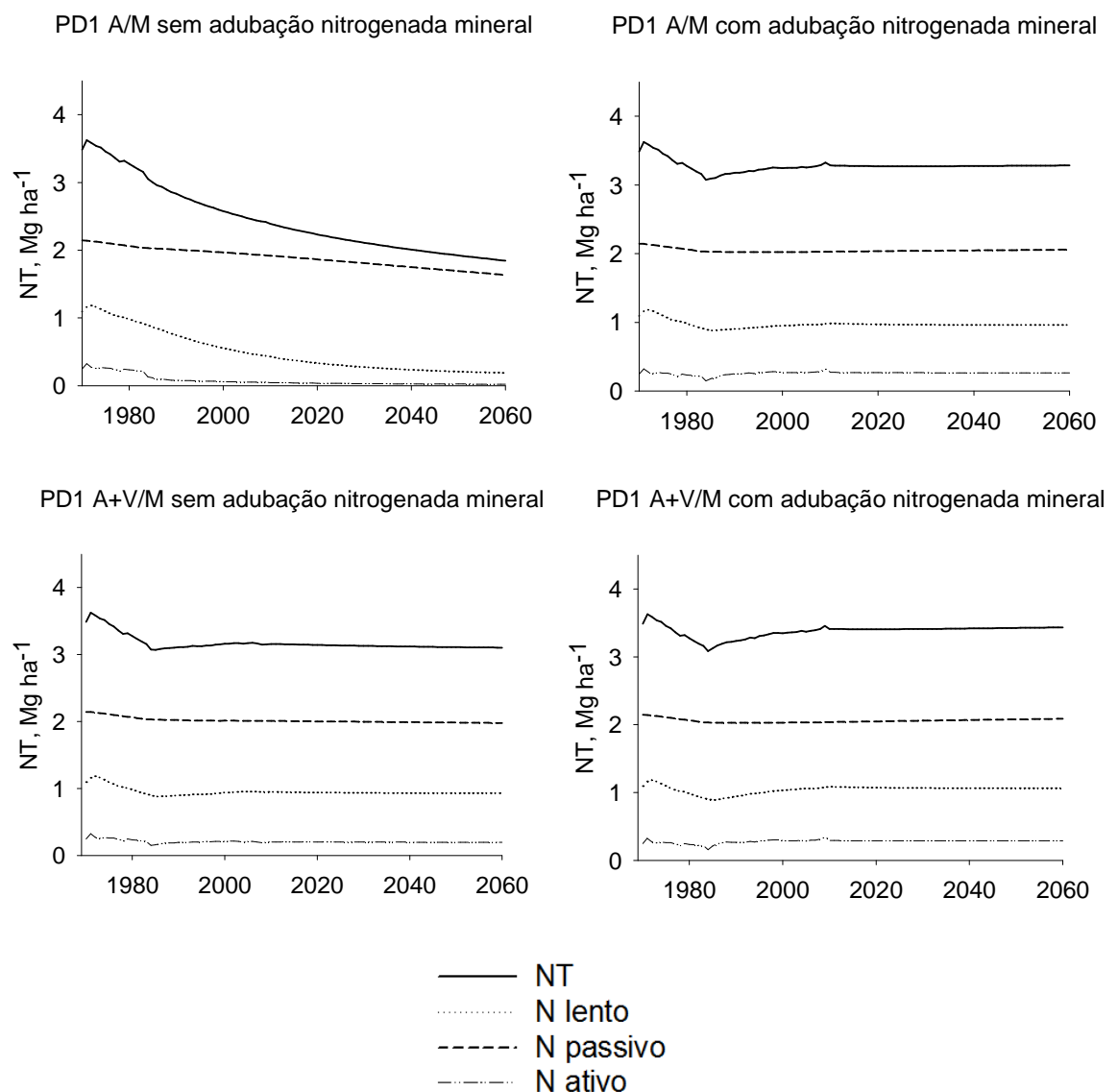


FIGURA 6.19 Dinâmica dos estoques totais e dos compartimentos do N total do solo nos cenários de manejo do campo nativo, cultivo com colza e girassol e nos tratamentos em plantio direto aveia/milho (A/M) sem e com adubação nitrogenada mineral e aveia+vica/milho (A+V/M) no Experimento 1 estimada até o ano de 2060 pelo modelo Century 4.5.

Nos tratamentos PD1 A/M com N, PD1 A+V/M sem e com N os estoques de N estimados estabilizaram-se por volta do ano de 2010, enquanto que para os demais tratamentos as estimativas demonstram continuação no aumento dos estoques de N (Figura 6.20). À semelhança do que ocorreu com o C, os tratamentos com leguminosas de verão conduzidos em plantio direto apresentaram aumento estoques de N chegando ou ultrapassando o estoque do N do campo nativo.

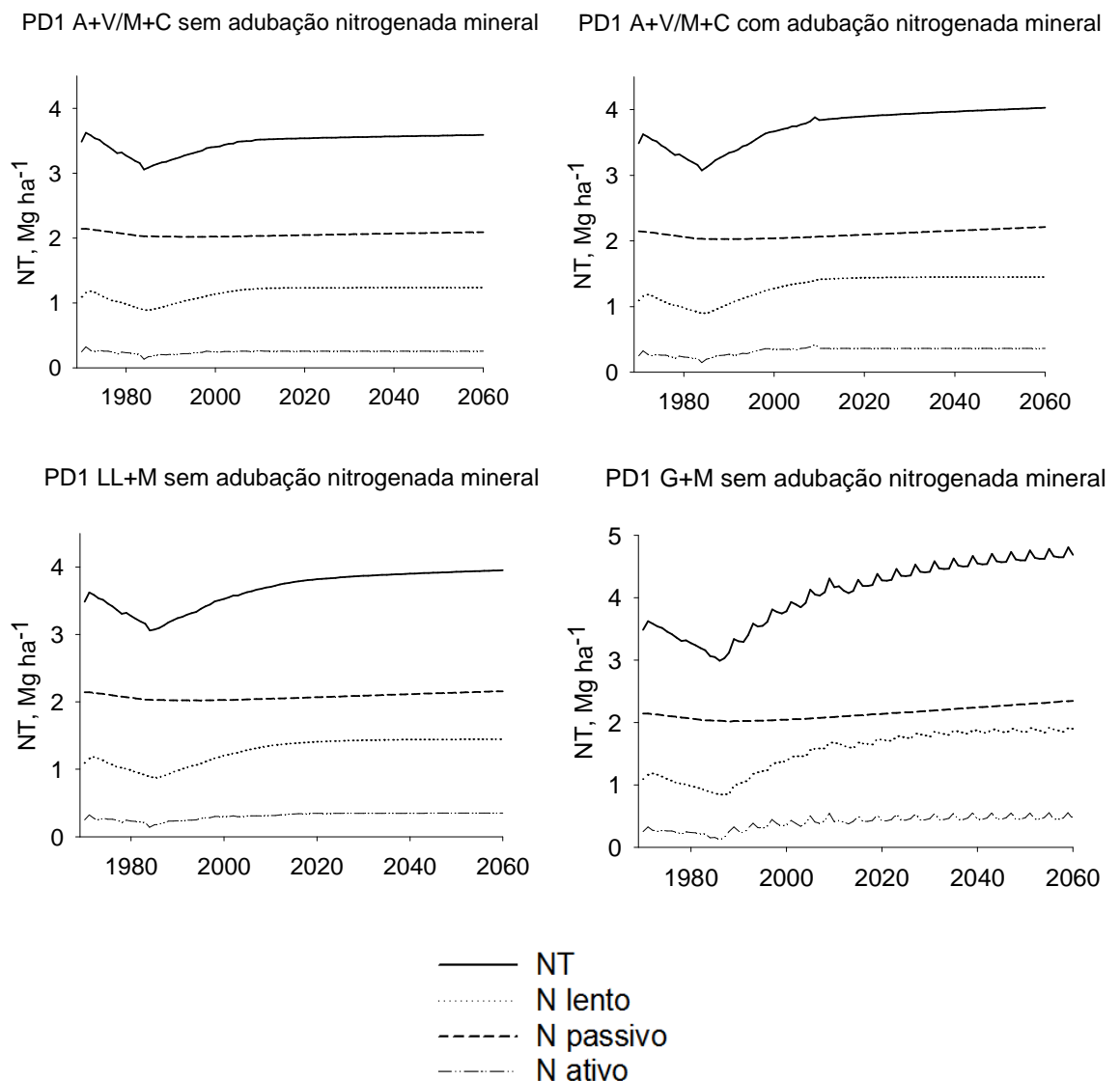


FIGURA 6.20 Dinâmica dos estoques totais e dos compartimentos do N total do solo nos cenários de manejo do campo nativo, cultivado com colza e girassol e nos tratamentos em plantio direto aveia+vica/milho+caupi (A+V/M+C) sem e com adubação nitrogenada mineral, lablabe+milho (LL+M) e guandu+milho (G+M) sem adubação nitrogenada mineral no Experimento 1 estimada até o ano de 2060 pelo modelo Century 4.5.

Em preparo convencional os tratamentos com A/M determinaram queda nos estoques de N, sendo que este sistema não apresentou estabilização dos estoques de N até o ano de 2060 (Figura 6.21). O efeito dos sistemas A+V/M+C sobre os estoques de N foi semelhante ao ocorrido com o C, nos primeiros anos ocorre um leve aumento nos estoques a partir da instalação do experimento, porém a partir do ano 2000 há uma tendência de leve decréscimo. Entretanto, observa-se a importância da utilização de leguminosas, principalmente de verão, para promover o aumento e manutenção dos estoques de N quando se utiliza preparo convencional.

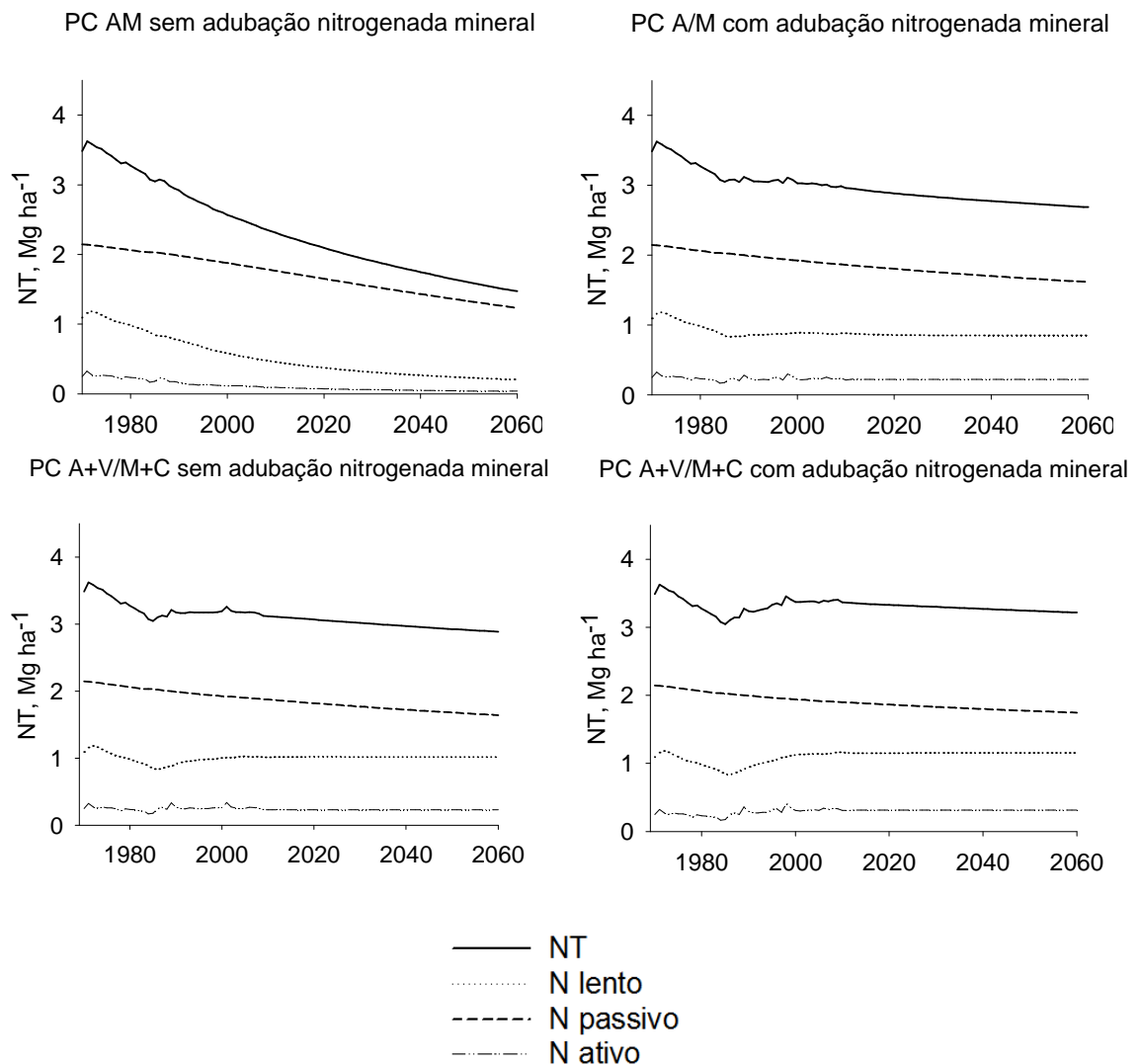


FIGURA 6.21 Dinâmica dos estoques totais e dos compartimentos do N total do solo nos cenários de manejo do campo nativo, cultivado com colza e girassol e nos tratamentos em preparo convencional aveia/milho (A/M) sem e com adubação nitrogenada mineral e aveia+vica/milho+caupi (A+V/M+C) no Experimento 2 estimada até o ano de 2060 pelo modelo Century 4.5

Ao contrário do ocorrido com os compartimentos de C, o estoque de N foi maior no compartimento passivo, sendo que o N do compartimento lento nunca ultrapassou o do passivo. O comportamento dos estoques totais de N do solo até o ano de 2060 nos diferentes sistemas de culturas e preparos do solo foi determinado, principalmente, pelas mudanças ocorridas no compartimento lento. Como já comentado anteriormente, este compartimento é muito sensível ao manejo do solo. Em plantio direto 60% (média dos sistemas de cultura) da mudança ocorrida nos estoques de N até o ano de 2060 foi devido a mudanças no compartimento lento, ou seja, o aumento ocorrido nestes sistemas se deve ao aumento no compartimento lento. Em relação ao compartimento passivo, parte do aumento dos estoques de N se deve ao acréscimo de N neste compartimento, sendo que este acréscimo foi maior à medida que aumentou a adição de C e de N no sistema.

Em preparo convencional no sistema A/M sem adubação nitrogenada mineral a queda no estoque de N ocorreu tanto no compartimento lento como no passivo (Figura 6.21). Já nos demais tratamentos em preparo convencional, embora ocorra aumento no compartimento lento com o aumento da adição de C pelas culturas, há decréscimo contínuo no compartimento passivo até o ano de 2060. Isto demonstra que o aumento no compartimento lento, não consegue contrabalancear as perdas ocorridas no compartimento passivo pelo revolvimento do solo.

7. CONCLUSÕES

As modificações realizadas nos parâmetros das culturas (CROP.100), dos cultivos (CULT.100) e fixos (FIX.100) do modelo, na etapa de parametrização, determinaram que o modelo Century 4.5 fosse eficiente em simular a dinâmica do C e do N do solo sob diferentes sistemas de culturas e preparos do solo em um Argissolo da Depressão Central do RS, validando o modelo para as condições edafoclimáticas do local.

As simulações com o modelo Century 4.5 parametrizado e validado para o local demonstraram que a utilização de sistemas de culturas com alta adição de resíduos conduzidos em plantio recuperam os estoques de C e de N do solo perdidos pela utilização da agricultura convencional aos níveis da condição nativa do local.

O modelo Century 4.5 parece superestimar as perdas dos estoques de C e de N em sistemas conduzidos com baixa disponibilidade de N no local deste estudo, o que determina a necessidade da parametrização do modelo para esta situação, utilizando valores dos parâmetros diferentes daqueles utilizados em sistemas com média a boa disponibilidade deste nutriente.

O modelo Century 4.5 apresenta grande potencial para simular a dinâmica do C e do N do solo sob diferentes sistemas de manejo, por isso deve ser parametrizada e validado em mais locais com diferentes solos e clima no Estado do RS.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C. Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: Efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura em sucessão. In: FRIES, M.R.; DALMOLIN, R.S.D. (Eds.) **Atualização em recomendação de adubação e calagem** – ênfase em plantio direto. Santa Maria: Palotti, 1997. No. 3. p.76-111

ALVAREZ, R. A review of nitrogen fertilizer and conservation tillage effects on soil organic carbon storage. **Soil Use and Management**, Wallingford, v.21, p.38-52, 2005.

ÁLVARO-FUENTES, J.; LÓPEZ, M.V.; ARRÚE, J.L.; MORET, D.; PAUSTIAN, K. Tillage and cropping effects on soil organic carbon in mediterranean semiarid agroecosystems: Testing the Century model. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.134, p.211-217, 2009.

AMADO, T.J.C. **Disponibilidade de nitrogênio para o milho em sistemas de cultura e preparo do solo**. 1997. 201f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; CONCEIÇÃO, P.C.; SPAGNOLLO, E.; CAMPOS, B.C.; VEIGA, M. Potencial of carbon acumulation in no-till soils with intensive use and cover crops in Southern Brazil. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 35, p.1599-1607, 2006.

AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.F; BRUM, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.189-197, 2001.

AMADO, T.C.J.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S.B.V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.1, p.179-189, 2000.

AMUNDSON, R. The carbon budget in soils. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, Palo Alto, v. 29, p.535-562, 2001.

BALDOCK, J.A.; SKJEMSTAD, J.O. Role of the soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biological attack. **Organic Geochemistry**, Oxford, v. 31, p. 697-710, 2000.

BALESDENT, J.; BALABANE, M. Maize root-derived soil organic carbon estimated by natural ^{13}C abundance. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.24, p.97-101, 1992.

BALESDENT, J.; MARIOTI, A.; GUILLET, B. Natural ^{13}C abundance as a tracer for soil organic matter dynamics studies. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.19, p.25-30, 1990.

BATJES, N.H. Mitigation of atmospheric CO_2 concentrations by increased carbon sequestration in the soil. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.27, p.230-235, 1998.

BAYER, C. **Características químicas do solo, nutrição e rendimento do milho afetados por métodos de preparo e sistemas de culturas**. 1992. 172f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1992.

BAYER, C. **Dinâmica e qualidade da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos**. 1996. 240f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A.; DIECKOW, J. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.86, p.237-245, 2006.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; SAILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Eds) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2 Ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. Cap. 2, p.7-18.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T.J.C.; MARTIN-NETO, L.; FERNANDES, S.V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in Southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.54, p.101–109, 2000a.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica do solo e na mitigação das emissões de CO_2 . **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.599-607, 2000b.

BERGAMASCHI, H.; GUADAGNIN, M.R.; CARDOSO, L.S.; SILVA, M.I.G. **Clima da Estação Experimental da UFRGS (e região de abrangência)**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. 77p.

BHATTACHARYYA, T.; PAL, D.K.; EASTER, M.; WILLIAMS, S.; PAUSTIAN, K.; MILNE, E.; CHANDRAN, P.; RAY, S.K.; MANDAL, C.; COLEMAN, K.; FALON, P.; POWLSON, D.; GAJBHIYE, K.S. Evaluating the Century model using long-term fertilizer trials in the Indo-Gangetic Plains, India. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.122, p.73-83, 2007.

BOHLOOL, B.B.; LADHA, J.K.; GARRITY, D.P.; GEORGE, T. Biological nitrogen fixation for sustainable agriculture: A perspective. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.141, n.1-2, p.1-11, 1992.

BOLINDER, M.A.; ANGERS, D.A.; DUBUC, J.P. Estimating shoot to root ratios and annual carbon inputs in soil for cereal crops. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.63, p.61-66, 1997.

BORTOLINI, C.G.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G. Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.897-903, 2000.

BORTOLON, E.S.O. **Simulação do impacto da agricultura sobre os estoques de carbono orgânico do solo e o balanço de CO₂ regionais integrando o modelo century e sistemas de informação geográfica**. 2008. 185f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

BRAGAGNOLO, N. **Efeito da cobertura do solo por resíduos de culturas sobre a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento do milho**. 1986. 119f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1986.

BRICKLEMYER, R.S.; MILLER, P.R.; TURK, P.J.; PAUSTIAN, K.; KECK, T.; NIELSON, G.A. Sensitivity of the Century model to scale – related soil texture variability. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.71, p.784-792, 2007.

BURLE, M. L. **Efeito de sistemas de cultura em características químicas do solo**. 1995. 105f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

BURLE, M.L.; MIELNICZUK, J.; FOCCHI, S. Effect of cropping systems on soil chemical characteristics, with emphasis on soil acidification. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.190, n.2, p.309-316, 1997.

BUYANOVSKY, G.A.; WAGNER, G.H. Post-harvest residue input to cropland. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.93, p.57-65, 1986.

CARTER, M.R.; ANGERS, D.A.; GREGORICH, E.G.; BOLINDER, M.A. Characterizing organic matter retention for surface soils in Eastern Canada using density and particle size fractions. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 83, p.11-23, 2003.

CERRI, C.E.P.; PAUSTIAN, K.; BERNOUX, M.; VICTORIA, R.L.; MELILLOS, J.M.; CERRI, C.C. Modeling changes in soil organic matter in Amazon Forest to pasture conversion with the Century model. **Global Change Biology**, Oxford, v.10, p.815-832, 2004.

CONCEIÇÃO, P.C. **Agregação e proteção física da matéria orgânica em dois solos do Sul do Brasil**. 2006. 139f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência de Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

CROZIER, C.R.; KING, L.D. Corn root dry matter and nitrogen distribution as determined by sampling multiple soil cores around individual plants. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Monticello, v.24, p.1127-1138, 1993.

DALAL, R.C.; MAYER, R.J. Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in southern Queensland. I. Total organic carbon and its rate of loss from the soil profile. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v.24, p.281-292, 1986.

DA ROS, C.O.; AITA, C. Espécies de inverno na cobertura de solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.20, n.1, p.135-140, 1996.

DAVIDSON, E.A.; JANSSENS, I.A. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. **Nature**, London, v.440, p.165-173, 2006.

DIEKOW, J. **Estoque e qualidade da matéria orgânica do solo em função de sistemas de culturas e adubação nitrogenada no sistema plantio direto**. 2003. 164f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

DIECKOW, J.; BAYER, C.; CONCEIÇÃO, P.C.; ZANATTA, J.A.; MARTINETO, L.; MILORI, D.B.M.; SALTON, J.C.; MACEDO, M.M.; MIELNICZUK, J.; HERNANI, L.C. Land use, texture and organic matter stock and composition in tropical and subtropical Brazilian soils. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v.60, p.240-249, 2009.

DIEKOW, J.; MIELNICZUK, J.; KNICKER, H.; BAYER, C.; DICK, D.P.; KOGEL-KNABNER, I. Soil C and N stocks as affected by cropping systems and nitrogen

fertilization in a southern Brazil Acrisol managed under no-tillage for 17 years. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.81, p.87-95, 2005.

ELLERT, B.H.; BETTANY, J.R. Calculation of organic matter and nutrients storage in soils under contrasting management regimes. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.75, p.529-538, 1995.

FALLOON, P.; SMITH, P. Simulating SOC changes in long-term experiments with Roth an Century: model evaluation for a regional scale application. **Soil and Use Management**, Oxford, v.18, p. 101-111, 2002.

FANG, C.; SMITH, P.; SMITH, J.U.; MONCRIEFF, J.B. Incorporating microorganisms as decomposers into models to simulate soil organic matter decomposition. **Geoderma**, Amsterdam, v.129, p.139-146, 2005.

FEHRENBACHER, J.B.; ALEXANDER, J.D. A method for studying corn root distribution using a soil-core sampling machine and shaker-type washer. **Agronomy Journal**, Madison, v.47, p.468-472, 1955.

FELLER, C.; BEARE, M.H. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. **Geoderma**, Amsterdam, v. 79, p.69-116, 1997.

FERNANDES, F.F. **Uso do modelo Century para o estudo da dinâmica do carbono orgânico de solos do Rio Grande do Sul**. 2002. 153f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

FERNANDES, S. B. V. **Disponibilidade e eficiência de uso de nitrogênio pelo milho em sistemas de cultura**. 1998. 137f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

FONTAINE, S.; MARIOTTI, A.; ABBADIE, L. The priming effect of organic matter: a question of microbial competition? **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.35, p.837-843, 2003.

GALATINI, J.A.; SENESI, N.; BRUNETTI, G.; ROSELL, R. Influence of texture on organic matter distribution and quality and nitrogen and sulphur in semiarid Pampean grassland soils of Argentina. **Geoderma**, Amsterdam, v.123, p. 143-152, 2004.

GALDOS, M.V.; CERRI, C.C.; CERRI, C.E.P., PAUSTIAN, K.; VAN ANTWERPEN, R. Simulation of soil carbon dynamics under sugarcane with the Century model. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.73, p.802-811, 2009.

GAO, C.; WANG, J.; ZHANG, X.; SUI, Y. The evolution of organic carbon in Chinese Mollisol under different farming systems: validation and prediction by using Century model. **Agricultural Sciences in China**, Pequim, v.7, p.1490-1496, 2008.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; CHIAPINOTTO, I.C.; HÜBNER, A.P.; MARQUES, M.G.; CODORE, F. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto. II – Nitrogênio acumulado pelo milho e produtividade de grãos. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.751-762, 2004.

GOMES, J. **Emissão de gases de efeito estufa e mitigação do potencial de aquecimento global por sistemas conservacionistas de manejo do solo**. 2006. 151f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

GREENLAND, D.J.; WILD, A.; ADAMS, D. Organic matter dynamics in soils of the tropics-from myth to complex reality. In: LAL, R. (Ed.). **Myths and science of soils of the tropics**. Madison: American Society of Agronomy; Soil Science Society of America, 1992. p. 17-33.

ISE, T.; MOORCROFT, P.R. The global-scale temperature and moisture dependencies of soil organic carbon decomposition: an analysis using a mechanistic decomposition model. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v.80, p.217-231, 2006.

KELLY, R.H.; PARTON, W.J.; CROCKER, G.J.; GRACE, P.R.; KLIR, J.; KORSCHENS, M.; POULTON, P.R.; RICHTER, D.D. Simulating trends in soil organic carbon in long-term experiments using the century model. **Geoderma**, Amsterdam, v.81, p.75-90, 1997.

KHAN, S.A.; MULVANEY, R.L.; ELLSWORTH, T.R.; BOAST, C.W. The myth of nitrogen fertilization for soil carbon sequestration. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.36, p.1821-1832, 2007.

KIRSCHBAUM, M.U.F. The temperature dependence of soil organic-matter decomposition – still a topic of debate. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.33, p.2510-2518, 2006.

KISSELE, K.W.; GARRET, C.J.; FU, S.; HEDRIX, P.F.; CROSSLEY, D.A.; COLEMAN, D.C.; POTTER, R.L. Budgets for roots-derived C and litter-derived C: comparison between conventional tillage and no-tillage soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.33, p.1067-1075, 2001.

KONEN, M.E.; BURRAS, C.L.; SANDOR, J.A. Organic carbono, texture and qualitative color measurement relationships for cultivated soils in north central Iowa. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 67, p.1823-1830, 2003.

LAL, R. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. **Geoderma**, Amsterdam, v.123, p.1-22, 2004.

LAL, R.; FOLLET, R.F.; KIMBLE, J.; COLE, C.V. Managing US cropland to sequester carbon in soil. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.54, n.1, p.374-381, 1999.

LAL, R.; KIMBLE, J.; STEWART, B. A. World soils as a source or sink for radioactively-active gases. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; LEVINE, E. E. A. (Eds) **Soil management and greenhouse effect**. Boca Raton: CRC Press, 1995. p.41-59.

LASSUS, C. Composição dos resíduos vegetais em solo manejado com nove sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.14, p.375-380, 1990.

LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S. Modelo Century de dinâmica da matéria orgânica do solo: equações e pressupostos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.4, p.679-686, 2003.

LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S.; MACHADO, P.L.O.A.M.; FERNANDES FILHO, E.I.; NEVES, J.L.O. Simulating trends in soil organic carbon in an Acrisol under no-tillage and disc-plow systems using the Century model. **Geoderma**, Amsterdam, v.120, p.283-295, 2004.

LOVATO, T. **Dinâmica do carbono e nitrogênio do solo afetada por preparos de solo, sistemas de cultura e adubo nitrogenado**. 2001. 150f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência de Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.1, p.175-187, 2004.

LUGATO, E.; BERTI, A. Potential carbon sequestration in a cultivated soil under different climate change scenarios: a modeling approach for evaluating promising management practices in north-east Italy. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.128, p.97-103, 2008.

LUGATO, E.; BERTI, A.; GIARDINI, L. Soil organic carbon (SOC) dynamics with and without residue incorporation in relation to different nitrogen fertilization rates. **Geoderma**, Amsterdam, v.135, p.315-321, 2006.

LUGATO, E.; PAUSTIAN, K.; GIARDINI, L. Modelling soil organic dynamics in two long-term experiments of North-easter Italy. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.120, p.423-432, 2007.

MACEDO, M.O.; RESENDE, A.S.; GARCIA, P.C.; BODDEY, R.M.; JANTALIA, C.P.; URQUIAGA, S.; CAMPELLO, E.F.C.; FRANCO, A.A. Changes in soil C and N stocks and nutrient dynamics 13 years after recovery of degraded land using leguminous nitrogen-fixing trees. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.255, p.1516-1524, 2008.

MEDEIROS, J.C. **Sistemas de culturas adaptados a produtividade, recuperação e conservação do solo**. 1985. 89f. Dissertação (Mestrado) –

Programa de Pós-graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1985.

MENDONÇA, E.S.; LEITE, L.F.C. Modelagem matemática e simulação da dinâmica da matéria orgânica do solo. In: ROSCOE, R.; MECANTE, F.M.; SALTON, J.C. (Eds) **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas**: modelagem matemática e métodos auxiliares. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. Cap. 4, p.75-106.

METHEREL, A.K.; HARVING, L.A.; COLE, C.V.; PARTON, W.J. **Century**: soil organic matter model environment. technical documentation agrossystem version 4.0. Fort Collins: USDA-ARS, 1994. 123p. (Great Plains System Research Unit. Technical Report, 4).

MIELNICZUK, J. Manejo de solos no Rio Grande do Sul: uma síntese histórica. **Revista da Agronomia**, Porto Alegre, v.2, n.2, p. 11-23, 1999.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.A.; SAILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Eds) **Fundamentos da matéria orgânica do solo**: Ecosistemas tropicais e subtropicais. 2 ed. Porto Alegre: Metropole, 2008. Cap. 1, p.1-6.

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. M.; LOVATO, T.; FERNANDES, F.F.; DEBARBA, L. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S.; ALVAREZ, V.H. (Eds) **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. n.3, p.209-248.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura. Diretoria de Terras e Colonização. Seção de Geografia, 1961. 46p.

NELSON, P.W.; SOMMERS, C.E. Total C, organic C and organic matter. In: PAGE, A.L. (Ed.) **Methods of Soil Analysis (chemical)**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p. 539–579.

NOVAK, J.M.; BAUER, P.J.; HUNT, P.G. Carbon Dynamics under long-term conservation and disk tillage management in a Norfolk Loamy Sand. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.71, n.1, p.453-456, 2007.

OLIVEIRA, E.S. **Uso do Modelo Century no estudo da dinâmica do nitrogênio do solo em um Argissolo do Rio Grande do Sul**. 2005. 114f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência de Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

PAL, U.R.; SHEHU, Y. Direct and residual contributions of symbiotic nitrogen fixation by legumes to the yield and nitrogen uptake of mayse (*Zea mays* L.) in the Nigerian Savannah. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v.187, n.1, p.53-58, 2001.

PARTON, W.J.; RASMUSSEN, P.E. Ion-term effects of crop management in wheat-fallow: II. Century model simulations. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.58, p.530-536, 1994.

PARTON, W.J.; SCHIMEL, D.S.; COLE, C.V.; OJIMA, D.S. Analysis of factors controlling soil organic matter levels in great plains grasslands. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.51, p.1173-1179, 1987.

PAUSTIAN, K.; PARTON, W.J.; PERSSON, J. Modelling soil organic matter in organic-amended and nitrogen-fertilized long-term plots. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.56, p.476-488, 1992.

PAVINATO, A. **Teores de carbono e nitrogênio do solo e produtividade de milho afetados por sistemas de culturas**. 1993. 122f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1993.

PEOPLES, M.B.; HERRIDGE, D.F.; LADHA, J.K. Biological nitrogen fixation: An efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production? **Plant and Soil**, Dordrecht, v.174, n.1-2, p. 3-28, 1995.

PILLON, C.N. **Alterações no conteúdo e qualidade da matéria orgânica do solo induzidas por sistemas de cultura em plantio direto**. 2000. 232f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência de Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

POST, W.M.; EMANUEL, W.R.; STANGENBERGER, A.G. Soil carbon pools and world life zones. **Nature**, London, v.298, p. 156-159, 1982.

RICHARDS, A.E.; DALAL, R.C.; SCHMIDT, S. Soil carbon turnover and sequestration in native subtropical tree plantations. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v.39, p. 2078-2090, 2007.

SAINJU, U.M.; SINGH, B.P.; WHITEHEAD, W.F. Long-term effects of tillage, cover crops, and nitrogen fertilization on organic carbon and nitrogen concentrations in sandy loam soils in Georgia, USA. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.63, n.3-4, p.167-179, 2002.

SCORZA JUNIOR, R.P. Modelagem matemática e simulação de sistemas: uma importante ferramenta na pesquisa agropecuária. In: ROSCOE, R.; MECANTE, F.M.; SALTON, J.C. (Eds) **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. Cap. 3, p.63-74.

SHAFFER, M.J.; MA, L. Carbon and nitrogen dynamics in upland soils. In: SHAFFER, M.J.; MA, L.; HANSEN, S. (Eds) **Modelling carbon and nitrogen dynamics for soil management**. Boca Raton: Lewis, 2001. Cap.2, p.11-26.

SHAFI, M.; BAKHT, J.; JAN, M.T.; SHAN, Z. Soil C and N dynamics and maize (*Zea mays* L.) yield as affected by cropping systems and residue management

in North-western Pakistan. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.94, n.2, p.520-529, 2007.

SHRESTHA, B.M.; WILLIAMS, S.; EASTER, M.; PAUSTIAN, K.; SINGH, B.R. Modelling soil organic carbon stocks and changes in a Nepalese watershed. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.132, p.91-97, 2009.

SIX, J.; CONANT, R.T.; PAUL, E.A.; PAUSTIAN, K. Stabilization mechanisms of soil organic matter: implications for C-saturation of soils. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.241, p.155-176, 2002.

SMITH, P.; SMITH, J.V.; POWSON, D.S.; MCGILL, W.B.; ARAH, J.R.M.; CHERTOV, O.G.; COLEMAN, K.; FRANKO, U.; FROLKING, S.; JENKINSON, D.S.; JENSEN, L.S.; KELLY, R.H.; KLEIN-GUNNEWIEK, H.; KOMAROV, A.S.; LI, C.; MOLINA, J.A.E.; MUELLER, T.; PARTON, W.J.; THORNLEY, J.H.M.; WHITMORE, A.P. A comparison of the performance of nine soil organic matter models using datasets from seven long-term experiments. **Geoderma**, Amsterdam, v.18, p.152-225, 1997.

SOLLINS, P.; HOMANN, P.; CALDWELL, B.A. Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. **Geoderma**, Amsterdam, v.74, p. 65-105, 1996.

SPARKS, D.L. **Environmental soil chemistry**. San Diego: Academic Press, 1995. 267p.

STEWART, C.E.; PAUSTIAN, K.; CONANT, R.C.; PLANTE, A.F.; SIX, J. Soil carbon saturation: concept, evidence and evaluation. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v.86, p.19-31, 2007.

SWIFT, R. S. Sequestration of carbon by soil. **Soil Science**, Hagerstown, v.166, n.11, p.858-871, 2001.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: Departamento de Solos [da] Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p.

TESTA, W. M. **Características químicas de um Podzólico Vermelho-escuro, nutrição e rendimento de milho afetados por sistemas de culturas**. 1989. 134f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1989.

THORNLEY, J.H.M.; CANNELL, G.R. Soil carbon storage response to temperature: an hypothesis. **Annals of Botany**, Oxford, v.87, p.591-598, 2001.

TOMAZI, M. **Estabilidade da matéria orgânica em Latossolos do Cerrado sob sistemas de uso e manejo**. 2008. 106f. Tese (Doutorado) - Programa de

Pós-Graduação em Ciência de Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

TORNQUIST, C.G. **Simulação da dinâmica do carbono orgânico do solo em escala regional**: aplicação do modelo Century e sistemas de informações geográficas. 2007. 173f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência de Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

VIEIRA, F.C.B. **Estoques e labilidade da matéria orgânica e acidificação de um argissolo sob plantio direto afetados por sistemas de cultura e adubação nitrogenada**. 2007. 139f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência de Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

VON LÜTZOW, M.; KÖGEL-KNABNER, I.; EKSCHIMITT, K.; MATZNER, E.; GUGGEMBERGER, G.; MARSCHNER, B. Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different soil conditions – a review. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v.57, p. 426-445, 2006.

WEBER, M.A. **Leguminosas e os estoques de carbono e nitrogênio do solo em Experimento de longa duração**. 2008. 122f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência de Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

WEBER, M.; MIELNICZUK, J. Estoque e disponibilidade de nitrogênio no solo em Experimento de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, p.429-437, 2009.

WENDLING, B. **Carbono e nitrogênio no solo sob diferentes usos e manejos e sua modelagem pelo Century**. 2007. 122f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência de Solo, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

WEST, T.O.; POST, M.P. Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: A global data analysis. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.66, p.1930-1946, 2002.

ZANATTA, J.A. **Emissão de óxido nitroso afetada por sistemas de manejo do solo e fontes de nitrogênio**. 2009. 93f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência de Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

ZANATTA, J.A. **Estoque e labilidade do carbono em frações da matéria orgânica de um argissolo afetados por sistemas de manejo do solo**. 2006. 129f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência de Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

ZANATTA, J.A.; BAYER, C.; DIECKOW, J.; VIEIRA, F.C.B.; MIELNICZUK, J. Soil organic carbon and carbon costs related to tillage, cropping systems and

nitrogen fertilization in a subtropical Acrisol. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.94, n.2, p.510-519, 2007.

ZINN, Y.L.; LAL, R.; RESCK, D.W.S. Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.84, p.28-40, 2005b.

ZINN, Y.L.; LAL, R.; RESCK, D.W.S. Texture and organic carbon relationship described by a profile pedotransfer function in Brazil Cerrado soil. **Geoderma**, Amsterdam, v.127, p.168-173, 2005a.

9. APENDICES

APÊNDICE 1. Dados mensais de precipitação (prec), em cm, e temperatura mínima (tmin) e máxima (tmax) do ar, em °C, referentes ao período de 1970 a 2008 para formar o arquivo CLIMAEEA.WTH utilizado pelo modelo Century 4.5 nas simulações. Departamento de Forrageiras e Agrometeorologia da faculdade de Agronomia da UFRGS (dados não publicados) referentes à Estação Meteorológica de Eldorado do Sul.

Parâm.	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
prec	1970	4,43	9,08	11,01	11,02	22,48	35,04	13,04	10,7	1,11	15,73	2,96	12,96
tmin	1970	19,54	20,2	19,2	14,92	13,34	10,26	8,76	9,05	11,92	13,46	13,85	17,58
tmax	1970	31,36	31,02	28,94	27,75	21,94	19,41	19,59	20,19	22,41	22,56	24,32	29,07
prec	1971	13,12	14,24	19,12	5,49	6,41	19,2	6,45	8,25	7,51	2,54	10,33	11,37
tmin	1971	19,58	19,89	17,95	11,6	9,31	6,62	9,47	9,47	13,87	13,07	14,34	17,36
tmax	1971	29,99	29,12	26,86	23,28	19,83	16,25	19,35	19,59	23,93	24,83	27,71	30,63
prec	1972	21,77	11,76	20,6	9,89	5,38	28,97	20,25	26,67	24,83	10,55	9,7	5,75
tmin	1972	18,81	18,2	17,77	13,2	13,45	13,94	9,37	10,47	11,64	12,8	15,43	17,74
tmax	1972	29,64	28,99	26,89	24,41	23,85	20,35	18,52	18,16	21,66	22,4	24,82	29,02
prec	1973	12,76	15,81	6,81	10,56	9,61	12,73	21,04	17,05	8,85	5,84	0,49	19,12
tmin	1973	19,93	20,47	17,15	16,44	12,32	10,46	9,56	7,69	10,53	13,77	12,56	18
tmax	1973	29,92	28,44	27,8	25,4	21,63	19,4	18,47	18,03	20,04	24,23	25,78	28,53
prec	1974	7,81	7,46	13,49	6,54	9,42	16,92	5,36	12,25	2,69	3,27	14,08	5,02
tmin	1974	18,77	19,93	18,79	13,46	12,04	7,34	9,81	8,08	11,1	11,63	14,93	16,85
tmax	1974	30,96	28,82	27,49	26,29	23,17	12,25	20,99	20,37	21,31	24,09	25,86	26,79
prec	1975	21,77	11,76	20,6	3,1	8,49	11,94	5,85	25,04	23,71	6,25	6,68	10,19
tmin	1975	18,81	18,2	17,77	15,04	12,18	9,59	8,24	11,99	13,27	13,07	15,08	17,31
tmax	1975	29,64	28,99	26,89	24,95	22,34	19,44	17,94	18,87	21,06	23,45	25,87	29,22
prec	1976	4,43	6,54	6,7	7,6	14,6	10,12	22,2	10,9	11,1	6,61	10,16	11,42
tmin	1976	19,8	18,4	16,5	13,3	12,3	7,8	8,8	9,3	10,9	13,2	15	17,3
tmax	1976	30	29,7	26,9	23,8	21	17,7	18,4	18,7	21,2	23,6	25,7	28,9
prec	1977	18,56	20,37	8,88	12,11	5,38	22,95	22,3	13,02	8,28	10,78	5,97	12,37
tmin	1977	20,6	20,6	18,6	14,4	11,5	10,9	12	10,6	13,2	15,8	15,5	18,6
tmax	1977	30,1	31,4	28,2	24,1	20,4	19,3	21,2	18,9	24,5	24,7	27,2	29,2
prec	1978	11,28	3,32	9,57	1,74	1,24	12,51	9,39	12,03	8,45	9,4	12,07	7,8
tmin	1978	19	18,62	18,38	11,5	7,55	8,71	11,25	9,97	12,73	15,65	14,83	18,05
tmax	1978	30,1	29,04	28,71	24,53	21,2	19,91	19,31	19,87	22,83	24,95	25,49	28,84
prec	1979	4,3	6,66	6,72	16,85	12,28	4,94	11,54	18,56	11,3	10,15	8,25	12,93
tmin	1979	17,26	19,93	17,39	14,32	9,86	5,91	8,72	12,84	10,46	15,42	15,45	18,66
tmax	1979	30,39	31,23	26,96	23,43	18,88	18,48	18,79	20,35	21,46	23,93	25,64	28,49
prec	1980	15,96	7,7	9,86	12,24	8,51	8,22	17,14	4,71	5,96	9,06	7,82	13,62
tmin	1980	18,19	20,15	20,84	15,96	13,37	7,97	7,1	9,26	8,83	14,5	15,27	18,76
tmax	1980	29,82	30,22	30,08	27,11	23	18,83	18,25	20,28	20,27	23,93	25,9	28,24
prec	1981	6,49	12,74	2,94	9,58	4,68	11,96	9,96	3,62	19,82	1,82	10,5	7
tmin	1981	19,88	21,01	16,94	15,29	13,72	8,17	9,18	9,44	12,28	12,5	17,33	16,99
tmax	1981	30,19	25,83	27,97	25,08	25,45	18,2	19,01	21,35	20,61	23,9	27,03	28,03
prec	1982	1,4	11,88	5,74	7,4	5,36	30,86	19,1	17,22	16,26	19,36	19,94	4,68
tmin	1982	17,75	19,98	18,26	14,69	11,22	10,73	9,8	11,07	13,51	12,65	15,42	17,51

continua...

tmax	1982	30,52	29,51	28,97	26,65	22,88	19,39	19,23	20,97	22,61	23,38	24,63	28,84
prec	1983	10,89	9,72	12,42	7,34	17,76	13,46	19,48	10,58	4,98	16,64	5,91	5,56
tmin	1983	21,1	19,39	17	15	14,11	7,74	9,61	10,37	9,9	14,14	15,9	19,03
tmax	1983	29,81	29,16	26,57	24,11	20,62	16,69	16,4	19,34	20,07	24,19	27,64	30,08
prec	1984	11,96	9,42	2,74	17,62	36,51	31,27	10,56	8,3	6,86	5,6	8,54	4,01
tmin	1984	21,54	21,91	18,68	14,61	13,3	10,17	9,16	8,23	11,83	14,78	15,67	15,25
tmax	1984	30,51	32,03	28,91	23,93	20,86	17,59	18,57	17,06	20,83	25,46	25,47	26,76
prec	1985	9,08	7,08	16,74	12,96	10,34	9,06	10,9	20,28	16,16	5,36	1,34	6,97
tmin	1985	18	19,7	18,4	15,7	9,9	10,3	9,7	11,9	13,7	15,1	16,9	18,3
tmax	1985	29,6	29,2	28,2	24,3	20,6	18,6	19,7	19,1	21,7	25,2	29,8	30,4
prec	1986	1,9	8,8	5,52	17,04	7,55	15,19	7,32	15,82	12,37	23,97	23,48	7,18
tmin	1986	19,6	19,8	17,6	17,3	12	12,1	8,7	11,9	11,9	13,7	16,7	19
tmax	1986	31,2	30,4	27,3	25,1	22,2	21,3	19,9	20,1	22	24	26,2	28,6
prec	1987	12,96	9,62	10,7	9,88	14,92	16,77	10,97	28,04	13,62	12,26	6,9	8,42
tmin	1987	19,4	19,8	18,1	16,5	9,7	8,82	13,34	9,8	9,8	13,1	16,5	17,8
tmax	1987	29,3	30	29,1	24,9	18,5	18,73	21,39	17,5	19,9	23,7	26,4	28
prec	1988	13,94	0,72	2,78	8,8	2,05	25,94	4,6	2,6	16,66	12,67	11,7	4,4
tmin	1988	19,9	18,7	19,91	13,1	8,5	6,3	6,9	10,6	12,5	12,59	14,5	18,51
tmax	1988	29,8	29,3	31,3	25,1	18,8	16,8	18,2	19,9	19,8	23,8	26,4	29,9
prec	1989	10,88	3,69	15,1	22,28	4,3	7,99	6,84	11,74	17,02	6	8,52	14,88
tmin	1989	20	16,39	16,26	16,27	10,81	4,56	6,19	9,35	10,59	12,5	15,8	17,5
tmax	1989	30,34	30,34	28,32	25,37	22,21	19,12	16,79	21,11	19,91	23,58	26,55	30,54
prec	1990	11,62	10,3	12,24	16,24	5,93	9,9	5	1,93	20,73	33,16	19,42	7,89
tmin	1990	20,13	20,29	18,88	17,27	9,99	6,82	8	8,84	10,94	16,97	18,21	17,2
tmax	1990	29,73	29,07	27,62	24,99	20,61	16,84	16,77	21,34	19,42	25,03	28	27,77
prec	1991	4,47	11,08	3,67	24,43	1,46	10,15	22,68	8,6	4,28	6,56	8,22	16,57
tmin	1991	18,18	17,25	18,5	15,77	13,26	10,15	7,8	10,7	11,69	14,11	16,06	19,93
tmax	1991	30,03	30,36	29,85	25,14	23,91	19,07	18,65	20,56	22,82	25,18	26,46	29,41
prec	1992	5,89	14,05	12,58	15,46	8,17	16,05	19,11	6,74	17,8	8,41	14,09	5,73
tmin	1992	19,2	20,14	19,6	16,31	11,62	11,02	7,35	9,11	12,35	13,77	14,85	17,8
tmax	1992	29,5	29,37	28,8	24,54	20,37	21,16	16,03	19,51	21,15	24,63	26,1	28,52
prec	1993	16,92	5,99	4,92	3,35	25,18	5,13	20,9	25,18	6,6	13,86	14,19	25,18
tmin	1993	21,09	20,11	20,31	18,6	18,3	8,9	8,97	18,21	10,94	14,61	16,09	18,3
tmax	1993	29,73	28,19	27,39	26,3	28,4	17,5	16,44	28,42	18,38	24,24	25,84	28,4
prec	1994	7,17	30,82	6,75	15,44	9,54	18,35	19,33	10,38	4,55	23,01	7,2	10,05
tmin	1994	18,37	20,14	17,71	13,78	15,02	9,03	8,79	9,23	11,72	15,26	14,87	18,91
tmax	1994	29,21	27,69	26,73	23,3	22,22	17,41	17,42	19,56	23,51	24,35	25,77	30,98
prec	1995	13,15	12,24	6,47	5,85	10,25	19,62	30,71	16,87	19,11	5,49	10,71	9,53
tmin	1995	19,37	16,79	15,76	11,58	8,61	7,38	9,68	8,99	9,73	10,84	15,7	16,8
tmax	1995	30,58	27,36	28,57	25,6	21,72	19,53	20,79	20,41	22,02	24,11	29	31,24
prec	1996	18,83	7,1	9,37	8,97	0,8	13,93	2,29	17,41	12,16	13,51	11,68	9,33
tmin	1996	19,13	16,65	17,61	14,72	9,41	4,32	3,8	7,33	9,61	13,78	16,06	17,57
tmax	1996	29,79	25,87	28,97	26,95	22,55	17,53	16,63	21,96	20,93	24,93	28,71	29,55
prec	1997	12,04	12,77	2,51	2,81	7,28	16,7	10,79	14,59	6,03	33,27	13,85	28,5
tmin	1997	20,03	19,5	14,72	11,85	8,4	7,49	8,3	9,76	10,48	14,75	16,43	18,46
tmax	1997	32,05	29,35	29,11	26,37	22,8	19,01	20,02	22,52	22,28	22,79	26,62	29,5

Continua...

prec	1998	12,2	14,23	10,77	23,1	16,8	8,7	19,16	18,91	16,49	4,34	6,9	10,43
tmin	1998	19,31	18,63	16,21	15,15	13,14	10,34	13,13	14,37	13,32	15,25	17,05	17,55
tmax	1998	29,21	27,91	27,28	23,77	23,34	20,4	21,73	21,02	22,13	25,33	30,27	29,45
prec	1999	5,99	10,31	7,54	14,28	14,72	18,3	18,95	6,21	9,3	13,34	2,7	10,63
tmin	1999	18,47	17,61	18,91	13,28	8,73	7,57	8,08	8,01	9,94	12,63	13,59	16,72
tmax	1999	30,85	29,48	32	23,47	21,29	18,51	18,36	21,47	22,44	22,69	26,01	29,01
prec	2000	4,96	8,5	16,14	9,35	12,9	21,8	9,48	10,07	26,67	18,3	10,77	6,55
tmin	2000	18,52	17,28	16,61	14,28	9,77	11	3,78	5,24	9,37	15,35	14,09	16,73
tmax	2000	30,55	29,44	27,58	25,67	21,36	20,47	16,48	19,87	21,33	24,7	26,5	28,93
prec	2001	17,13	12,15	14,37	29,09	3,61	11,81	22,76	3,64	26,17	6,36	17,14	9,27
tmin	2001	18,31	20,91	19,95	15,79	10,35	9,94	8,23	10,99	11,83	15,72	14,86	16,2
tmax	2001	30,34	30,42	30	25,58	20,67	21	19,45	24,24	21,81	25,66	27,34	27,9
prec	2002	12,91	7,42	15,49	11,74	14,62	22,58	20,81	15,67	16,81	25,33	14,41	22,35
tmin	2002	18,29	16,51	20,23	14,8	12,79	8,35	7,77	10,1	8,93	16,25	15,76	18,14
tmax	2002	29,98	29,25	30,95	25,1	23,38	19,07	18,57	21,04	20,5	25,11	27,27	28,74
prec	2003	6,45	19,65	9,15	11,57	4,1	16,12	13,87	6,07	6,87	27,73	11,94	20,32
tmin	2003	18,15	19,31	17,94	12,8	10,18	11,65	7,77	6,17	8,63	13,41	14,57	15,25
tmax	2003	30,92	31,17	29,12	24,86	22,37	20,14	19,08	19,64	21,92	25,5	27	26,99
prec	2004	6,23	14,12	7,58	11,78	12,74	13,45	19,26	8,86	20,61	10,56	8,31	4,91
tmin	2004	18,35	16,7	16,05	15,19	10,25	9,39	5,88	7,58	12,18	10,69	13,84	16,35
tmax	2004	30,16	29,08	28,62	28,04	20,33	20,43	18,58	20,42	22,36	24,56	25,28	28,95
prec	2005	2,99	7,35	14,53	8,45	19,46	⁻¹ 00	4,77	18,66	23,57	26,74	4,77	6,39
tmin	2005	17,78	18,96	17,11	13,99	11,76	⁻¹ 00	6,59	10,5	9,99	13,58	14,48	15,87
tmax	2005	32,11	30,47	28,74	24,55	22,37	⁻¹ 00	19,78	21,49	19,47	23,32	28,12	28,76
prec	2006	13,79	2,74	1,93	2,46	17,44	8,4	7,78	13,19	18,33	10,05	14,19	9,08
tmin	2006	19,35	18,38	17,3	13,34	9,38	9,94	11,16	7,96	9,1	13,89	14,73	18,49
tmax	2006	30,98	29,61	29,65	25,68	20,34	20,01	21,38	19,95	20,86	25,64	26,09	30,56
prec	2007	8,93	11,17	34,44	5,17	14,48	28,15	16,51	11,22	21,24	10,14	12,26	7,45
tmin	2007	19,25	18,69	19,86	15,33	8,47	8,44	4,68	7,71	12,88	15,29	12,35	16,63
tmax	2007	30,4	30,53	29,15	26,81	19,82	18	16,8	18,64	24,32	24,92	25,73	29,94
prec	2008	11,17	7,7	2,35	16,05	24,14	14,22	21,54	14,12	16,72	25,39	5,78	11,27
tmin	2008	17,9	17,64	16,91	11,81	9,35	6,97	10,5	8,6	9,42	13,7	15,46	15,02
tmax	2008	29,7	29,14	29,27	24,99	21,25	17,07	20,28	20,22	20,76	23,58	27,67	28,51
prec	2009	11,17	7,7	2,35	16,05	24,14	14,22	21,54	14,12	16,72	25,39	5,78	11,27
tmin	2009	17,9	17,64	16,91	11,81	9,35	6,97	10,5	8,6	9,42	13,7	15,46	15,02
tmax	2009	29,7	29,14	29,27	24,99	21,25	17,07	20,28	20,22	20,76	23,58	27,67	28,51

APÊNDICE 2. Organização do arquivo PCAMcN.SCH formando o cenário de manejo do campo nativo, colza/girassol e tratamento PC A/M com adubação nitrogenada mineral utilizado pelo modelo Century 4.5 na simulação.

```
#2 Preparos_PC_AM_cN
0      starting year
6091   Last year
EEAsite.100 Site file name
0      Labeling type
0      Labeling year
-1     Microcosm
-1     CO2 Systems
-1     ph shift
-1     Soil Warming
0      N input scalar option
0      OMAD input scalar option
0      Climate scalar option
1      Initial system
CN1    Initial Crop
       Initial Tree

Year Month Option
1      Block #  Campo Nativo
6000   Last year
1      Repeats # years
0      Output starting year
12     Output Month
6000   Output interval
M      Weather choice
01 01 GRAZ GM 02 GRAZ GM 03 GRAZ GM 04 GRAZ GM 04 LAST
01 05 SENM 05 GRAZ GM 06 GRAZ GM 07 GRAZ GM 08 GRAZ GM
01 09 CROP CN1 09 FRST 09 GRAZ GM 10 GRAZ GM 11 GRAZ GM
01 12 GRAZ GM
-999 -999 X
2      Block #  Colza e girassol
6013   Last year
7      Repeats # years
6001   Output starting year
12     Output Month
12     Output interval
F      Weather choice
CLIMAEAA.wth
1 3 CULT P 4 CROP COLZA 4 PLTM 4 CULT D 4 FRST
1 4 FERT N2 5 FERT N4 8 LAST 8 HARV G 9 CULT P
1 10 PLTM 10 CROP GIRASSOL 10 CULT D 10 FRST
1 10 FERT N1 11 CULT C 11 FERT N3 12 EROD 0.5
2 2 LAST 2 HARV G 3 CULT P 4 CROP COLZA
2 4 PLTM 4 CULT D 4 FRST 4 FERT N2 5 FERT N4
2 8 LAST 8 HARV G 9 CULT P 10 PLTM
2 10 CROP GIRASSOL 10 CULT D 10 FRST 10 FERT N1
2 11 CULT C 11 FERT N3 12 EROD 0.5
3 2 LAST 2 HARV G 3 CULT P 4 CROP COLZA
3 4 PLTM 4 CULT D 4 FRST 4 FERT N2 5 FERT N4
3 8 LAST 8 HARV G 9 CULT P 10 PLTM
3 10 CROP GIRASSOL 10 CULT D 10 FRST 10 FERT N1
3 11 CULT C 11 FERT N3 12 EROD 0.5
4 2 LAST 2 HARV G 3 CULT P 4 CROP COLZA
4 4 PLTM 4 CULT D 4 FRST 4 FERT N2 5 FERT N4
4 8 LAST 8 HARV G 9 CULT P 10 PLTM
4 10 CROP GIRASSOL 10 CULT D 10 FRST 10 FERT N1
4 11 CULT C 11 FERT N3 12 EROD 0.5
```

5 2 LAST 2 HARV G 3 CULT P 4 CROP COLZA
 5 4 PLTM 4 CULT D 4 FRST 4 FERT N2 5 FERT N4
 5 8 LAST 8 HARV G 9 CULT P 10 PLTM
 5 10 CROP GIRASSOL 10 CULT D 10 FRST 10 FERT N1
 5 11 CULT C 11 FERT N3 12 EROD 0.5
 6 2 LAST 2 HARV G 3 CULT P 4 CROP COLZA
 6 4 PLTM 4 CULT D 4 FRST 4 FERT N2 5 FERT N4
 6 8 LAST 8 HARV G 9 CULT P 10 PLTM
 6 10 CROP GIRASSOL 10 CULT D 10 FRST 10 FERT N1
 6 11 CULT C 11 FERT N3 12 EROD 0.5
 7 2 LAST 2 HARV G 3 CULT P 4 CROP COLZA
 7 4 PLTM 4 CULT D 4 FRST 4 FERT N2 5 FERT N4
 7 8 LAST 8 HARV G 9 CULT P 10 PLTM
 7 10 CROP GIRASSOL 10 CULT D 10 FRST 10 FERT N1
 7 11 CULT C 11 FERT N3 12 EROD 0.5
 -999 -999 X
 3 Block # Pousio
 6015 Last year
 2 Repeats # years
 6014 Output starting year
 12 Output Month
 12 Output interval
 F Weather choice
 CLIMAEAA.wth
 01 04 LAST 06 SENM 08 CROP WEED 08 FRST 04 LAST
 02 04 PLTM 04 CROP AVEIA 04 CULT N1 04 FRST 09 LAST
 -999 -999 X
 4 Block # PC_AM_cN_120N
 6024 Last year
 2 Repeats # years
 6016 Output starting year
 12 Output Month
 12 Output interval
 F Weather choice
 CLIMAEAA.wth
 01 01 IRR1 A95 02 IRR1 A95 02 LAST 02 HARV G 03 CULT H
 01 03 CULT RF 04 PLTM 04 CROP AVEIA 04 CULT N1 04 FRST
 01 08 LAST 09 CULT P1 10 CULT A 10 PLTM 10 CROP MILHO
 01 10 CULT D 10 FRST 11 CULT A 11 FERT N12 11 IRR1 A95
 01 12 IRR1 A95 12 EROD 0.500000 01 IRR1 A95 02 IRR1 A95
 02 02 LAST 02 HARV G 03 CULT H 03 CULT RF 04 PLTM 04 CROP AVEIA
 02 04 CULT N1 04 FRST 08 LAST 09 CULT P1 10 CULT A 10 PLTM
 02 10 CROP MILHO 10 CULT D 10 FRST 11 CULT A 11 FERT N12
 02 11 IRR1 A95 12 IRR1 A95 12 EROD 0.500000
 -999 -999 X
 4 Block # PC_AM_cN_180N
 6039 Last year
 2 Repeats # years
 6025 Output starting year
 12 Output Month
 12 Output interval
 F Weather choice
 CLIMAEAA.wth
 01 01 IRR1 A95 02 IRR1 A95 02 LAST 02 HARV G 03 CULT H
 01 03 CULT RF 04 PLTM 04 CROP AVEIA 04 CULT N1 04 FRST
 01 08 LAST 09 CULT P1 10 CULT A 10 PLTM 10 CROP MILHO
 01 10 CULT D 10 FRST 11 CULT A 11 FERT N18 11 IRR1 A95
 01 12 IRR1 A95 12 EROD 0.500000 01 IRR1 A95 02 IRR1 A95
 02 02 LAST 02 HARV G 03 CULT H 03 CULT RF 04 PLTM 04 CROP AVEIA
 02 04 CULT N1 04 FRST 08 LAST 09 CULT P1 10 CULT A 10 PLTM
 02 10 CROP MILHO 10 CULT D 10 FRST 11 CULT A 11 FERT N18
 02 11 IRR1 A95 12 IRR1 A95 12 EROD 0.500000

```

-999 -999 X
4      Block #  PC_AM_cN_180N
6091   Last year
2      Repeats # years
6040   Output starting year
12     Output Month
12     Output interval
M      Weather choice
01 01 IRRI A95 02 IRRI A95 02 LAST 02 HARV G 03 CULT H
01 03 CULT RF 04 PLTM 04 CROP AVEIA 04 CULT N1 04 FRST
01 08 LAST 09 CULT P1 10 CULT A 10 PLTM 10 CROP MILHO
01 10 CULT D 10 FRST 11 CULT A 11 FERT N18 11 IRRI A95
01 12 IRRI A95 12 EROD 0.500000 01 IRRI A95 02 IRRI A95
02 02 LAST 02 HARV G 03 CULT H 03 CULT RF 04 PLTM 04 CROP AVEIA
02 04 CULT N1 04 FRST 08 LAST 09 CULT P1 10 CULT A 10 PLTM
02 10 CROP MILHO 10 CULT D 10 FRST 11 CULT A 11 FERT N18
02 11 IRRI A95 12 IRRI A95 12 EROD 0.500000
-999 -999 X

```


APÊNDICE 3. Organização do arquivo PDAVMC0N.SCH formando o cenário de manejo do campo nativo, colza/girassol e tratamento PD1 A+V/M+C sem adubação nitrogenada mineral utilizado pelo modelo Century 4.5 na simulação.

```
#2 Culturas_PD_AVMC_0N
0      starting year
6091   Last year
EEAsite.100  Site file name
0      Labeling type
0      Labeling year
-1     Microcosm
-1     CO2 Systems
-1     ph shift
-1     Soil Warming
0      N input scalar option
0      OMAD input scalar option
0      Climate scalar option
1      Initial system
CN1    Initial Crop
       Initial Tree

Year Month Option
1      Block #  Campo Nativo
6000   Last year
1      Repeats # years
0      Output starting year
12     Output Month
6000   Output interval
M      Weather choice
01 01 GRAZ GM 02 GRAZ GM 03 GRAZ GM 04 GRAZ GM 04 LAST
01 05 SENM 05 GRAZ GM 06 GRAZ GM 07 GRAZ GM 08 GRAZ GM
01 09 CROP CN1 09 FRST 09 GRAZ GM 10 GRAZ GM 11 GRAZ GM
01 12 GRAZ GM
-999 -999 X
2      Block #  Colza e girassol
6013   Last year
7      Repeats # years
6001   Output starting year
12     Output Month
12     Output interval
F      Weather choice
CLIMAEAA.wth
1 3 CULT P 4 CROP COLZA 4 PLTM 4 CULT D 4 FRST
1 4 FERT N2 5 FERT N4 8 LAST 8 HARV G 9 CULT P
1 10 PLTM 10 CROP GIRASSOL 10 CULT D 10 FRST
1 10 FERT N1 11 CULT C 11 FERT N3 12 EROD 0.5
2 2 LAST 2 HARV G 3 CULT P 4 CROP COLZA
2 4 PLTM 4 CULT D 4 FRST 4 FERT N2 5 FERT N4
2 8 LAST 8 HARV G 9 CULT P 10 PLTM
2 10 CROP GIRASSOL 10 CULT D 10 FRST 10 FERT N1
2 11 CULT C 11 FERT N3 12 EROD 0.5
3 2 LAST 2 HARV G 3 CULT P 4 CROP COLZA
3 4 PLTM 4 CULT D 4 FRST 4 FERT N2 5 FERT N4
3 8 LAST 8 HARV G 9 CULT P 10 PLTM
3 10 CROP GIRASSOL 10 CULT D 10 FRST 10 FERT N1
3 11 CULT C 11 FERT N3 12 EROD 0.5
4 2 LAST 2 HARV G 3 CULT P 4 CROP COLZA
4 4 PLTM 4 CULT D 4 FRST 4 FERT N2 5 FERT N4
4 8 LAST 8 HARV G 9 CULT P 10 PLTM
4 10 CROP GIRASSOL 10 CULT D 10 FRST 10 FERT N1
4 11 CULT C 11 FERT N3 12 EROD 0.5
```

5 2 LAST 2 HARV G 3 CULT P 4 CROP COLZA
 5 4 PLTM 4 CULT D 4 FRST 4 FERT N2 5 FERT N4
 5 8 LAST 8 HARV G 9 CULT P 10 PLTM
 5 10 CROP GIRASSOL 10 CULT D 10 FRST 10 FERT N1
 5 11 CULT C 11 FERT N3 12 EROD 0.5
 6 2 LAST 2 HARV G 3 CULT P 4 CROP COLZA
 6 4 PLTM 4 CULT D 4 FRST 4 FERT N2 5 FERT N4
 6 8 LAST 8 HARV G 9 CULT P 10 PLTM
 6 10 CROP GIRASSOL 10 CULT D 10 FRST 10 FERT N1
 6 11 CULT C 11 FERT N3 12 EROD 0.5
 7 2 LAST 2 HARV G 3 CULT P 4 CROP COLZA
 7 4 PLTM 4 CULT D 4 FRST 4 FERT N2 5 FERT N4
 7 8 LAST 8 HARV G 9 CULT P 10 PLTM
 7 10 CROP GIRASSOL 10 CULT D 10 FRST 10 FERT N1
 7 11 CULT C 11 FERT N3 12 EROD 0.5
 -999 -999 X
 3 Block # PD_AVMC_ON
 6039 Last year
 2 Repeats # years
 6014 Output starting year
 12 Output Month
 12 Output interval
 F Weather choice
 CLIMAEAA.wth
 01 01 IRR1 A95 02 IRR1 A95 02 LAST 02 HARV G 03 CULT H
 01 03 CULT RF 04 PLTM 04 CROP A+V 04 CULT N1 04 FRST
 01 08 LAST 09 CULT H 09 CULT RF 10 PLTM 10 CROP M+C 10 CULT N1
 01 10 FRST 11 IRR1 A95 12 IRR1 A95 12 EROD 0.010000 01 IRR1 A95
 02 02 IRR1 A95 02 LAST 02 HARV G 03 CULT H 03 CULT RF 04 PLTM
 02 04 CROP A+V 04 CULT N1 04 FRST 08 LAST 09 CULT H 09 CULT RF
 02 10 PLTM 10 CROP M+C 10 CULT N1 10 FRST 11 IRR1 A95
 02 12 IRR1 A95 12 EROD 0.010000
 -999 -999 X
 3 Block # PD_AVMC_ON
 6091 Last year
 2 Repeats # years
 6040 Output starting year
 12 Output Month
 12 Output interval
 M Weather choice
 01 01 IRR1 A95 02 IRR1 A95 02 LAST 02 HARV G 03 CULT H
 01 03 CULT RF 04 PLTM 04 CROP A+V 04 CULT N1 04 FRST
 01 08 LAST 09 CULT H 09 CULT RF 10 PLTM 10 CROP M+C 10 CULT N1
 01 10 FRST 11 IRR1 A95 12 IRR1 A95 12 EROD 0.010000 01 IRR1 A95
 02 02 IRR1 A95 02 LAST 02 HARV G 03 CULT H 03 CULT RF 04 PLTM
 02 04 CROP A+V 04 CULT N1 04 FRST 08 LAST 09 CULT H 09 CULT RF
 02 10 PLTM 10 CROP M+C 10 CULT N1 10 FRST 11 IRR1 A95
 02 12 IRR1 A95 12 EROD 0.010000
 -999 -999 X

APÊNDICE 4. Organização do arquivo GM0N.SCH formando o cenário de manejo do campo nativo, colza/girassol e tratamento PD1 G+M sem adubação nitrogenada mineral utilizado pelo modelo century 4.5 na simulação.

```
#2 Culturas_GM_0N
0      starting year
6091   Last year
EEAsite.100  Site file name
0      Labeling type
0      Labeling year
-1     Microcosm
-1     CO2 Systems
-1     ph shift
-1     Soil Warming
0      N input scalar option
0      OMAD input scalar option
0      Climate scalar option
1      Initial system
CN1    Initial Crop
       Initial Tree

Year Month Option
1      Block #  Campo Nativo
6000   Last year
1      Repeats # years
0      Output starting year
12     Output Month
6000   Output interval
M      Weather choice
01 01 GRAZ GM 02 GRAZ GM 03 GRAZ GM 04 GRAZ GM 04 LAST
01 05 SENM 05 GRAZ GM 06 GRAZ GM 07 GRAZ GM 08 GRAZ GM
01 09 CROP CN1 09 FRST 09 GRAZ GM 10 GRAZ GM 11 GRAZ GM
01 12 GRAZ GM
-999 -999 X
2      Block #  Colza e girassol
6013   Last year
7      Repeats # years
6001   Output starting year
12     Output Month
12     Output interval
F      Weather choice
CLIMAEAA.wth
1 3 CULT P 4 CROP COLZA 4 PLTM 4 CULT D 4 FRST
1 4 FERT N2 5 FERT N4 8 LAST 8 HARV G 9 CULT P
1 10 PLTM 10 CROP GIRASSOL 10 CULT D 10 FRST
1 10 FERT N1 11 CULT C 11 FERT N3 12 EROD 0.5
2 2 LAST 2 HARV G 3 CULT P 4 CROP COLZA
2 4 PLTM 4 CULT D 4 FRST 4 FERT N2 5 FERT N4
2 8 LAST 8 HARV G 9 CULT P 10 PLTM
2 10 CROP GIRASSOL 10 CULT D 10 FRST 10 FERT N1
2 11 CULT C 11 FERT N3 12 EROD 0.5
3 2 LAST 2 HARV G 3 CULT P 4 CROP COLZA
3 4 PLTM 4 CULT D 4 FRST 4 FERT N2 5 FERT N4
3 8 LAST 8 HARV G 9 CULT P 10 PLTM
3 10 CROP GIRASSOL 10 CULT D 10 FRST 10 FERT N1
3 11 CULT C 11 FERT N3 12 EROD 0.5
4 2 LAST 2 HARV G 3 CULT P 4 CROP COLZA
4 4 PLTM 4 CULT D 4 FRST 4 FERT N2 5 FERT N4
4 8 LAST 8 HARV G 9 CULT P 10 PLTM
4 10 CROP GIRASSOL 10 CULT D 10 FRST 10 FERT N1
4 11 CULT C 11 FERT N3 12 EROD 0.5
```

5 2 LAST 2 HARV G 3 CULT P 4 CROP COLZA
 5 4 PLTM 4 CULT D 4 FRST 4 FERT N2 5 FERT N4
 5 8 LAST 8 HARV G 9 CULT P 10 PLTM
 5 10 CROP GIRASSOL 10 CULT D 10 FRST 10 FERT N1
 5 11 CULT C 11 FERT N3 12 EROD 0.5
 6 2 LAST 2 HARV G 3 CULT P 4 CROP COLZA
 6 4 PLTM 4 CULT D 4 FRST 4 FERT N2 5 FERT N4
 6 8 LAST 8 HARV G 9 CULT P 10 PLTM
 6 10 CROP GIRASSOL 10 CULT D 10 FRST 10 FERT N1
 6 11 CULT C 11 FERT N3 12 EROD 0.5
 7 2 LAST 2 HARV G 3 CULT P 4 CROP COLZA
 7 4 PLTM 4 CULT D 4 FRST 4 FERT N2 5 FERT N4
 7 8 LAST 8 HARV G 9 CULT P 10 PLTM
 7 10 CROP GIRASSOL 10 CULT D 10 FRST 10 FERT N1
 7 11 CULT C 11 FERT N3 12 EROD 0.5
 -999 -999 X
 3 Block # GM_ON
 6039 Last year
 4 Repeats # years
 6014 Output starting year
 12 Output Month
 12 Output interval
 F Weather choice
 CLIMAEAA.wth
 01 01 IRR1 A95 02 IRR1 A95 08 SENM 08 LAST 09 CULT H
 01 09 CULT RF 10 PLTM 10 CROP MILHO 10 CULT N1 10 FRST
 01 11 IRR1 A95 12 IRR1 A95 12 EROD 0.010000 01 IRR1 A95
 02 02 IRR1 A95 02 HARV G 02 LAST 09 CULT H 09 CULT RF
 02 10 PLTM 10 CROP MG1 10 CULT N1 10 FRST 11 IRR1 A95
 02 12 IRR1 A95 12 EROD 0.010000 01 IRR1 A95 02 IRR1 A95
 03 02 HARV G 08 SENM 08 LAST 09 CULT H 09 CULT RF 10 PLTM
 03 10 CROP MG2 10 CULT N1 10 FRST 11 IRR1 A95 12 IRR1 A95
 03 12 EROD 0.010000 01 IRR1 A95 02 IRR1 A95 02 HARV G
 04 08 SENM 08 LAST 09 CULT H 09 CULT RF 10 PLTM 10 CROP G
 04 10 CULT N1 10 FRST 11 IRR1 A95 12 IRR1 A95 12 EROD 0.010
 -999 -999 X
 4 Block # GM_ON
 6091 Last year
 4 Repeats # years
 6040 Output starting year
 12 Output Month
 12 Output interval
 M Weather choice
 01 01 IRR1 A95 02 IRR1 A95 08 SENM 08 LAST 09 CULT H
 01 09 CULT RF 10 PLTM 10 CROP MILHO 10 CULT N1 10 FRST
 01 11 IRR1 A95 12 IRR1 A95 12 EROD 0.010000 01 IRR1 A95
 02 02 IRR1 A95 02 HARV G 02 LAST 09 CULT H 09 CULT RF
 02 10 PLTM 10 CROP MG1 10 CULT N1 10 FRST 11 IRR1 A95
 02 12 IRR1 A95 12 EROD 0.010000 01 IRR1 A95 02 IRR1 A95
 03 02 HARV G 08 SENM 08 LAST 09 CULT H 09 CULT RF 10 PLTM
 03 10 CROP MG2 10 CULT N1 10 FRST 11 IRR1 A95 12 IRR1 A95
 03 12 EROD 0.010000 01 IRR1 A95 02 IRR1 A95 02 HARV G
 04 08 SENM 08 LAST 09 CULT H 09 CULT RF 10 PLTM 10 CROP G
 04 10 CULT N1 10 FRST 11 IRR1 A95 12 IRR1 A95 12 EROD 0.010
 -999 -999 X

APÊNDICE 5. Parâmetros das culturas do arquivo assessório CROP.100 do modelo Century 4.5 utilizados nas simulações.

CN1	campo	1.00000	CO2ICE(1,1,3)	0.20000	VLOSSP
0.53000	PRDX(1)	1.07500	CO2ICE(1,2,1)	0.00000	FSDETH(1)
27.00000	PPDF(1)	1.00000	CO2ICE(1,2,2)	0.00000	FSDETH(2)
45.00000	PPDF(2)	1.00000	CO2ICE(1,2,3)	0.00000	FSDETH(3)
1.00000	PPDF(3)	1.00000	CO2IRS(1)	200.00000	FSDETH(4)
3.00000	PPDF(4)	0.00000	'KMRSP(1)'	0.12000	FALLRT
0.00000	BIOFLG	0.00000	'CKMRSPMX(1)'	0.05000	RDR
60.0000000	BIOK5	0.00000	'CKMRSPMX(2)'	2.00000	RTDTMP
1.00000	PLTMRF	0.25000	'NO3PREF(1)'	0.00000	CRPRTF(1)
100.00000	FULCAN	4.00000	'CLAYPG'	0.00000	CRPRTF(2)
0.00000	'FRTCINDX'	10.0000	'TMPGERM'	0.00000	CRPRTF(3)
0.00000	FRTC(1)	900.000	'DDBASE'	0.00000	SNFXMX(1)
0.00000	FRTC(2)	7.00000	'TMPKILL'	-27.00000	DEL13C
0.00000	FRTC(3)	10.0000	'BASETEMP'	1.30000	CO2IPR(1)
0.20000	'FRTC(4)'	100.000	'MNDDHRV'	0.77000	CO2ITR(1)
0.10000	'FRTC(5)'	200.000	'MXDDHRV'	1.00000	CO2ICE(1,1,1)
0.40000	'CFRTC(1)'			1.00000	CO2ICE(1,1,2)
0.25000	'CFRTC(2)'	COLZA		1.00000	CO2ICE(1,1,3)
0.00000	'CFRTC(3)'	0.45000	PRDX(1)	1.30000	CO2ICE(1,2,1)
0.00000	'CFRTC(4)'	18.00000	PPDF(1)	1.00000	CO2ICE(1,2,2)
400.00000	BIOMAX	35.00000	PPDF(2)	1.00000	CO2ICE(1,2,3)
37.00000	PRAMN(1,1)	0.70000	PPDF(3)	1.00000	CO2IRS(1)
390.00000	PRAMN(2,1)	5.00000	PPDF(4)	0.00000	'KMRSP(1)'
340.00000	PRAMN(3,1)	0.00000	BIOFLG	0.00000	'CKMRSPMX(1)'
110.0000	PRAMN(1,2)	1800.00000	BIOK5	0.00000	'CKMRSPMX(2)'
390.00000	PRAMN(2,2)	0.40000	PLTMRF	0.25000	'NO3PREF(1)'
340.00000	PRAMN(3,2)	150.00000	FULCAN	4.00000	'CLAYPG'
35.00000	PRAMX(1,1)	2.00000	'FRTCINDX'	10.0000	'TMPGERM'
440.00000	PRAMX(2,1)	0.15000	FRTC(1)	900.000	'DDBASE'
440.00000	PRAMX(3,1)	0.15000	FRTC(2)	7.00000	'TMPKILL'
95.00000	PRAMX(1,2)	3.00000	FRTC(3)	10.0000	'BASETEMP'
440.00000	PRAMX(2,2)	0.20000	'FRTC(4)'	100.000	'MNDDHRV'
440.00000	PRAMX(3,2)	0.10000	'FRTC(5)'	200.000	'MXDDHRV'
50.00000	PRBMN(1,1)	0.40000	'CFRTC(1)'		
390.00000	PRBMN(2,1)	0.25000	'CFRTC(2)'	GIRASSOL	
340.00000	PRBMN(3,1)	0.40000	'CFRTC(3)'	0.30000	PRDX(1)
0.00000	PRBMN(1,2)	0.40000	'CFRTC(4)'	30.00000	PPDF(1)
0.00000	PRBMN(2,2)	500.00000	'CFRTC(5)'	45.00000	PPDF(2)
0.00000	PRBMN(3,2)	12.00000	BIOMAX	1.00000	PPDF(3)
55.00000	PRBMX(1,1)	100.00000	PRAMN(1,1)	2.50000	PPDF(4)
420.00000	PRBMX(2,1)	100.00000	PRAMN(2,1)	0.00000	BIOFLG
420.000	PRBMX(3,1)	40.00000	PRAMN(1,2)	1800.00000	BIOK5
0.00000	PRBMX(1,2)	160.00000	PRAMN(2,2)	0.50000	PLTMRF
0.00000	PRBMX(2,2)	200.00000	PRAMN(3,2)	150.00000	FULCAN
0.00000	PRBMX(3,2)	45.00000	PRAMX(1,1)	2.00000	'FRTCINDX'
0.02000	FLIGNI(1,1)	200.00000	PRAMX(2,1)	0.15000	FRTC(1)
0.00120	FLIGNI(2,1)	230.00000	PRAMX(3,1)	0.15000	FRTC(2)
0.26000	FLIGNI(1,2)	100.0000	PRAMX(1,2)	3.00000	FRTC(3)
-0.0015	FLIGNI(2,2)	260.00000	PRAMX(2,2)	0.20000	'FRTC(4)'
0.00000	HIMAX	270.00000	PRAMX(3,2)	0.10000	'FRTC(5)'
0.00000	HIWSF	45.00000	PRBMN(1,1)	0.40000	'CFRTC(1)'
2.00000	HIMON(1)	390.00000	PRBMN(2,1)	0.25000	'CFRTC(2)'
1.00000	HIMON(2)	340.00000	PRBMN(3,1)	0.40000	'CFRTC(3)'
0.00000	EFRGRN(1)	0.00000	PRBMN(1,2)	0.40000	'CFRTC(4)'
0.00000	EFRGRN(2)	0.00000	PRBMN(2,2)	600.00000	'CFRTC(5)'
0.00000	EFRGRN(3)	0.00000	PRBMN(3,2)	30.00000	BIOMAX
0.15000	VLOSSP	60.00000	PRBMX(1,1)	150.00000	PRAMN(1,1)
0.20000	FSDETH(1)	420.00000	PRBMX(2,1)	190.00000	PRAMN(2,1)
0.95000	FSDETH(2)	420.000	PRBMX(3,1)	62.50000	PRAMN(1,2)
0.20000	FSDETH(3)	0.00000	PRBMX(1,2)	150.00000	PRAMN(2,2)
150.00000	FSDETH(4)	0.00000	PRBMX(2,2)	150.00000	PRAMN(3,2)
0.15000	FALLRT	0.00000	PRBMX(3,2)	55.00000	PRAMX(1,1)
0.15000	RDR	0.15000	FLIGNI(1,1)	230.00000	PRAMX(2,1)
2.00000	RTDTMP	0.00000	FLIGNI(2,1)	230.00000	PRAMX(3,1)
0.30000	CRPRTF(1)	0.06000	FLIGNI(1,2)	125.0000	PRAMX(1,2)
0.00000	CRPRTF(2)	0.000000	FLIGNI(2,2)	230.00000	PRAMX(2,2)
0.00000	CRPRTF(3)	0.28000	HIMAX	230.00000	PRAMX(3,2)
0.000202	SNFXMX(1)	0.00000	HIWSF	45.00000	PRBMN(1,1)
-18.00000	DEL13C	1.00000	HIMON(1)	390.00000	PRBMN(2,1)
1.07500	CO2IPR(1)	1.00000	HIMON(2)	340.00000	PRBMN(3,1)
0.77000	CO2ITR(1)	0.85000	EFRGRN(1)	0.00000	PRBMN(1,2)
1.00000	CO2ICE(1,1,1)	0.60000	EFRGRN(2)	0.00000	PRBMN(2,2)
1.00000	CO2ICE(1,1,2)	0.60000	EFRGRN(3)		

ContinuA...

200.000	'MXDDHRV'	1.00000	CO2ICE(1,2,2)	0.12000	FALLRT
		1.00000	CO2ICE(1,2,3)	0.05000	RDR
A+V	aveia+vica	1.00000	CO2IRS(1)	2.00000	RTDTMP
0.50000	PRDX(1)	0.00000	'KMRSP(1)'	0.00000	CRPRTF(1)
18.00000	PPDF(1)	0.00000	'CKMRSPMX(1)'	0.00000	CRPRTF(2)
35.00000	PPDF(2)	0.00000	'CKMRSPMX(2)'	0.00000	CRPRTF(3)
0.70000	PPDF(3)	0.25000	'NO3PREF(1)'	0.03000	SNFXMX(1)
3.50000	PPDF(4)	4.00000	'CLAYPG'	-23.00000	DEL13C
0.00000	BIOFLG	10.0000	'TMPGERM'	1.00000	CO2IPR(1)
1800.00000	BIOK5	900.000	'DDBASE'	0.77000	CO2ITR(1)
0.40000	PLTMRF	7.00000	'TMPKILL'	1.00000	CO2ICE(1,1,1)
150.00000	FULCAN	10.0000	'BASETEMP'	1.00000	CO2ICE(1,1,2)
2.00000	'FRTCINDX'	100.000	'MNDDHRV'	1.00000	CO2ICE(1,1,3)
0.30000	FRTC(1)	200.000	'MXDDHRV'	1.00000	CO2ICE(1,2,1)
0.30000	FRTC(2)			1.00000	CO2ICE(1,2,2)
3.00000	FRTC(3)	M+C	milho+caupi	1.00000	CO2ICE(1,2,3)
0.20000	'FRTC(4)'		com N	1.00000	CO2IRS(1)
0.10000	'FRTC(5)'	0.70000	PRDX(1)	0.00000	'KMRSP(1)'
0.40000	'CFRTC(1)'	30.00000	PPDF(1)	0.00000	'CKMRSPMX(1)'
0.25000	'CFRTC(2)'	45.00000	PPDF(2)	0.00000	'CKMRSPMX(2)'
0.40000	'CFRTC(1)'	1.00000	PPDF(3)	0.25000	'NO3PREF(1)'
0.40000	'CFRTC(2)'	2.50000	PPDF(4)	4.00000	'CLAYPG'
600.00000	BIOMAX	0.00000	BIOFLG	10.0000	'TMPGERM'
8.780000	PRAMN(1,1)	1800.00000	BIOK5	900.000	'DDBASE'
100.00000	PRAMN(2,1)	0.50000	PLTMRF	7.00000	'TMPKILL'
100.00000	PRAMN(3,1)	150.00000	FULCAN	10.0000	'BASETEMP'
35.00000	PRAMN(1,2)	2.00000	'FRTCINDX'	100.000	'MNDDHRV'
160.00000	PRAMN(2,2)	0.20000	FRTC(1)	200.000	'MXDDHRV'
200.00000	PRAMN(3,2)	0.20000	FRTC(2)		
17.50000	PRAMX(1,1)	3.00000	FRTC(3)	LL+M	lablabe+milho
200.00000	PRAMX(2,1)	0.20000	'FRTC(4)'	0.60000	PRDX(1)
230.00000	PRAMX(3,1)	0.10000	'FRTC(5)'	30.00000	PPDF(1)
70.00000	PRAMX(1,2)	0.40000	'CFRTC(1)'	45.00000	PPDF(2)
260.00000	PRAMX(2,2)	0.25000	'CFRTC(2)'	1.00000	PPDF(3)
270.00000	PRAMX(3,2)	0.40000	'CFRTC(1)'	2.50000	PPDF(4)
34.50000	PRBMN(1,1)	0.40000	'CFRTC(2)'	0.00000	BIOFLG
390.00000	PRBMN(2,1)	700.00000	BIOMAX	1800.00000	BIOK5
340.00000	PRBMN(3,1)	8.7700000	PRAMN(1,1)	0.50000	PLTMRF
0.00000	PRBMN(1,2)	150.00000	PRAMN(2,1)	150.00000	FULCAN
0.00000	PRBMN(2,2)	190.00000	PRAMN(3,1)	2.00000	'FRTCINDX'
0.00000	PRBMN(3,2)	46.25000	PRAMN(1,2)	0.20000	FRTC(1)
44.00000	PRBMX(1,1)	150.00000	PRAMN(2,2)	0.20000	FRTC(2)
420.00000	PRBMX(2,1)	150.00000	PRAMN(3,2)	3.00000	FRTC(3)
420.000	PRBMX(3,1)	10.00000	PRAMX(1,1)	0.20000	'FRTC(4)'
0.00000	PRBMX(1,2)	230.00000	PRAMX(2,1)	0.10000	'FRTC(5)'
0.00000	PRBMX(2,2)	230.00000	PRAMX(3,1)	0.40000	'CFRTC(1)'
0.00000	PRBMX(3,2)	80.00000	PRAMX(1,2)	0.25000	'CFRTC(2)'
0.15000	FLIGNI(1,1)	230.00000	PRAMX(2,2)	0.40000	'CFRTC(1)'
0.00000	FLIGNI(2,1)	230.00000	PRAMX(3,2)	0.40000	'CFRTC(2)'
0.06000	FLIGNI(1,2)	34.50000	PRBMN(1,1)	700.00000	BIOMAX
0.000000	FLIGNI(2,2)	390.00000	PRBMN(2,1)	8.7700000	PRAMN(1,1)
0.35000	HIMAX	340.00000	PRBMN(3,1)	150.00000	PRAMN(2,1)
0.00000	HIWSF	0.00000	PRBMN(1,2)	190.00000	PRAMN(3,1)
1.00000	HIMON(1)	0.00000	PRBMN(2,2)	46.25000	PRAMN(1,2)
1.00000	HIMON(2)	0.00000	PRBMN(3,2)	150.00000	PRAMN(2,2)
0.60000	EFRGRN(1)	44.00000	PRBMX(1,1)	150.00000	PRAMN(3,2)
0.60000	EFRGRN(2)	420.00000	PRBMX(2,1)	10.00000	PRAMX(1,1)
0.60000	EFRGRN(3)	420.000	PRBMX(3,1)	230.00000	PRAMX(2,1)
0.04000	VLOSSP	0.00000	PRBMX(1,2)	230.00000	PRAMX(3,1)
0.00000	FSDETH(1)	0.00000	PRBMX(2,2)	80.00000	PRAMX(1,2)
0.00000	FSDETH(2)	0.00000	PRBMX(3,2)	230.00000	PRAMX(2,2)
0.00000	FSDETH(3)	0.19000	FLIGNI(1,1)	230.00000	PRAMX(3,2)
500.00000	FSDETH(4)	0.00000	FLIGNI(2,1)	34.50000	PRBMN(1,1)
0.12000	FALLRT	0.08000	FLIGNI(1,2)	390.00000	PRBMN(2,1)
0.05000	RDR	0.000000	FLIGNI(2,2)	340.00000	PRBMN(3,1)
2.00000	RTDTMP	0.42000	HIMAX	0.00000	PRBMN(1,2)
0.00000	CRPRTF(1)	0.00000	HIWSF	0.00000	PRBMN(2,2)
0.00000	CRPRTF(2)	2.00000	HIMON(1)	0.00000	PRBMN(3,2)
0.00000	CRPRTF(3)	1.00000	HIMON(2)	44.00000	PRBMX(1,1)
0.03000	SNFXMX(1)	0.32000	EFRGRN(1)	420.00000	PRBMX(2,1)
-27.00000	DEL13C	0.60000	EFRGRN(2)	420.000	PRBMX(3,1)
1.30000	CO2IPR(1)	0.60000	EFRGRN(3)	0.00000	PRBMX(1,2)
0.77000	CO2ITR(1)	0.15000	VLOSSP	0.00000	PRBMX(2,2)
1.00000	CO2ICE(1,1,1)	0.00000	FSDETH(1)	0.00000	PRBMX(3,2)
1.00000	CO2ICE(1,1,2)	0.00000	FSDETH(2)	0.22000	FLIGNI(1,1)
1.00000	CO2ICE(1,1,3)	0.00000	FSDETH(3)	0.00000	FLIGNI(2,1)
1.30000	CO2ICE(1,2,1)	500.00000	FSDETH(4)		

Continua...

2.50000	PPDF(4)	34.50000	PRBMN(1,1)	0.12000	FALLRT
0.00000	BIOFLG	390.00000	PRBMN(2,1)	0.05000	RDR
1800.00000	BIOK5	340.00000	PRBMN(3,1)	2.00000	RTDTMP
0.50000	PLTMRF	0.00000	PRBMN(1,2)	0.00000	CRPRTF(1)
150.00000	FULCAN	0.00000	PRBMN(2,2)	0.00000	CRPRTF(2)
2.00000	'FRTCINDX'	0.00000	PRBMN(3,2)	0.00000	CRPRTF(3)
0.20000	FRTC(1)	44.00000	PRBMX(1,1)	0.03000	SNFXMX(1)
0.20000	FRTC(2)	420.00000	PRBMX(2,1)	-23.00000	DEL13C
3.00000	FRTC(3)	420.000	PRBMX(3,1)	1.00000	CO2IPR(1)
0.20000	'FRTC(4)'	0.00000	PRBMX(1,2)	0.77000	CO2ITR(1)
0.10000	'FRTC(5)'	0.00000	PRBMX(2,2)	1.00000	CO2ICE(1,1,1)
0.40000	'CFRTC(1)'	0.00000	PRBMX(3,2)	1.00000	CO2ICE(1,1,2)
0.25000	'CFRTC(2)'	0.24000	FLIGNI(1,1)	1.00000	CO2ICE(1,1,3)
0.40000	'CFRTC(1)'	0.00000	FLIGNI(2,1)	1.00000	CO2ICE(1,2,1)
0.40000	'CFRTC(2)'	0.14000	FLIGNI(1,2)	1.00000	CO2ICE(1,2,2)
700.00000	BIOMAX	0.000000	FLIGNI(2,2)	1.00000	CO2ICE(1,2,3)
8.770000	PRAMN(1,1)	0.10000	HIMAX	1.00000	CO2IRS(1)
150.00000	PRAMN(2,1)	0.00000	HIWSF	0.00000	'KMRSP(1)'
190.00000	PRAMN(3,1)	2.00000	HIMON(1)	0.00000	'CKMRSPMX(1)'
46.25000	PRAMN(1,2)	1.00000	HIMON(2)	0.00000	'CKMRSPMX(2)'
150.00000	PRAMN(2,2)	0.15000	EFRGRN(1)	0.25000	'NO3PREF(1)'
150.00000	PRAMN(3,2)	0.60000	EFRGRN(2)	4.00000	'CLAYPG'
10.00000	PRAMX(1,1)	0.60000	EFRGRN(3)	10.0000	'TMPGERM'
230.00000	PRAMX(2,1)	0.15000	VLOSSP	900.000	'DDBASE'
230.00000	PRAMX(3,1)	0.00000	FSDETH(1)	7.00000	'TMPKILL'
80.00000	PRAMX(1,2)	0.00000	FSDETH(2)	10.0000	'BASETEMP'
230.00000	PRAMX(2,2)	0.00000	FSDETH(3)	100.000	'MNDDHRV'
230.00000	PRAMX(3,2)	500.00000	FSDETH(4)	200.000	'MXDDHRV'

APÊNDICE 6. Parâmetros do arquivo assessório FIX.100 do modelo Century 4.5 utilizados nas simulações.

X	Fixed_values	0.80000	FWLOSS(1)	0.20000	PSECMN(3)
15.00000	ADEP(1)	0.80000	FWLOSS(2)	0.00000	'PSECOC1'
15.00000	ADEP(2)	0.65000	FWLOSS(3)	0.00000	'PSECOC2'
15.00000	ADEP(3)	0.80000	FWLOSS(4)	12.00000	RAD1P(1,1)
15.00000	ADEP(4)	-0.12500	FXMCA	3.00000	RAD1P(2,1)
30.00000	ADEP(5)	0.00500	FXMCB	5.00000	RAD1P(3,1)
30.00000	ADEP(6)	0.35000	FXMXS	220.00000	RAD1P(1,2)
30.00000	ADEP(7)	7.00000	FXNPB	5.00000	RAD1P(2,2)
30.00000	ADEP(8)	0.00000	GREMB	100.00000	RAD1P(3,2)
0.00000	ADEP(9)	2	IDEF	220.00000	RAD1P(1,3)
0.00000	ADEP(10)	0.20000	LHZF(1)	5.00000	RAD1P(2,3)
-40.00000	AGPPA	0.40000	LHZF(2)	100.00000	RAD1P(3,3)
7.70000	AGPPB	0.80000	LHZF(3)	200.00000	RCESTR(1)
1.50000	ANEREF(1)	18.00000	MINLCH	500.00000	RCESTR(2)
3.00000	ANEREF(2)	0.00000	NSNFX	500.00000	RCESTR(3)
0.30000	ANEREF(3)	4.00000	NTSPM	0.01500	RICTRL
5.00000	ANIMPT	0.03000	OMLECH(1)	0.80000	RIINT
0.80000	AWTL(1)	0.12000	OMLECH(2)	0.30000	RSPLIG
0.60000	AWTL(2)	60.00000	OMLECH(3)	-1.00000	SEED
0.40000	AWTL(3)	0.60000	P1CO2A(1)	0.85000	SPL(1)
0.30000	AWTL(4)	0.17000	P1CO2A(2)	0.01300	SPL(2)
0.20000	AWTL(5)	0.00000	P1CO2B(1)	5000.00000	STRMAX(1)
0.20000	AWTL(6)	0.68000	P1CO2B(2)	5000.00000	STRMAX(2)
0.20000	AWTL(7)	0.55000	P2CO2	1.00000	TEXEPP(1)
0.20000	AWTL(8)	0.55000	P3CO2	0.70000	TEXEPP(2)
0.00000	AWTL(9)	100.00000	PABRES	0.00010	TEXEPP(3)
0.00000	AWTL(10)	16.00000	PCEMIC(1,1)	0.00016	TEXEPP(4)
100.00000	BGPPA	200.00000	PCEMIC(1,2)	2.00000	TEXEPP(5)
7.00000	BGPPB	150.00000	PCEMIC(1,3)	1.00000	TEXESP(1)
350.00000	CO2PPM(1)	10.00000	PCEMIC(2,1)	0.00400	TEXESP(3)
700.00000	CO2PPM(2)	99.00000	PCEMIC(2,2)	15.40000	'TEFF(1)'
0	CO2RMP	50.00000	PCEMIC(2,3)	11.75000	'TEFF(2)'
0.00000	DAMR(1,1)	0.02000	PCEMIC(3,1)	29.70000	'TEFF(3)'
0.00000	DAMR(1,2)	0.00150	PCEMIC(3,2)	0.03100	'TEFF(4)'
0.01000	DAMR(1,3)	0.00150	PCEMIC(3,3)	0.00000	'TMELT(1)'
0.02000	DAMR(2,1)	0.25000	PEFTXA	0.00200	'TMELT(2)'
0.02000	DAMR(2,2)	0.75000	PEFTXB	14.00000	VARAT1(1,1)
0.04000	DAMR(2,3)	6.00000	PHESP(1)	3.00000	VARAT1(2,1)
15.00000	DAMRMN(1)	0.00080	PHESP(2)	2.00000	VARAT1(3,1)
150.00000	DAMRMN(2)	7.60000	PHESP(3)	150.00000	VARAT1(1,2)
150.00000	DAMRMN(3)	0.01500	PHESP(4)	30.00000	VARAT1(2,2)
3.90000	DEC1(1)	3.00000	PLIGST(1)	2.00000	VARAT1(3,2)
4.90000	DEC1(2)	3.00000	PLIGST(2)	80.000000	VARAT1(1,3)
14.80000	DEC2(1)	0.55000	PMCO2(1)	50.00000	VARAT1(2,3)
18.50000	DEC2(2)	0.55000	PMCO2(2)	2.00000	VARAT1(3,3)
6.00000	DEC3(1)	0.00000	PMNSEC(1)	25.00000	VARAT2(1,1)
7.30000	DEC3(2)	0.00000	PMNSEC(2)	12.00000	VARAT2(2,1)
0.00570	DEC4	2.00000	PMNSEC(3)	2.00000	VARAT2(3,1)
0.20000	DEC5	0.00400	PMNTMP	400.00000	VARAT2(1,2)
5.00000	DECK5	600.00000	PMXBIO	100.00000	VARAT2(2,2)
-4.00000	DLIGDF	-0.00350	PMXTMP	2.00000	VARAT2(3,2)
0.99900	DRESP	0.00000	PPARMN(1)	400.00000	VARAT2(1,3)
0.20000	EDEPTH	0.00010	PPARMN(2)	100.00000	VARAT2(2,3)
0.40000	ELITST	0.00050	PPARMN(3)	2.00000	VARAT2(3,3)
2.00000	ENRICH	0.00000	PPRPTS(1)	15.60000	VARAT3(1,1)
0.90000	FAVAIL(1)	1.00000	PPRPTS(2)	6.00000	VARAT3(2,1)
0.50000	FAVAIL(3)	0.80000	PPRPTS(3)	2.00000	VARAT3(3,1)
0.20000	FAVAIL(4)	0.45000	PS1CO2(1)	200.00000	VARAT3(1,2)
0.40000	FAVAIL(5)	0.55000	PS1CO2(2)	50.00000	VARAT3(2,2)
2.00000	FAVAIL(6)	0.00300	PS1S3(1)	2.00000	VARAT3(3,2)
0.20000	FLEACH(1)	0.03200	PS1S3(2)	200.00000	VARAT3(1,3)
0.70000	FLEACH(2)	0.00300	PS2S3(1)	50.00000	VARAT3(2,3)
1.00000	FLEACH(3)	0.00900	PS2S3(2)	2.00000	VARAT3(3,3)
0.00000	FLEACH(4)	0.00000	PSECMN(1)	0.02000	VLOSSE
0.10000	FLEACH(5)	0.00220	PSECMN(2)	0.01000	VLOSSG

APÊNDICE 7. Parâmetros das culturas do arquivo assessorio CULT.100 do modelo Century 4.5 utilizados nas simulações.

D	Drill		4.000000	CLTEFF(1)
0.05000	CULTRA(1)		4.000000	CLTEFF(2)
0.05000	CULTRA(2)		4.000000	CLTEFF(3)
0.10000	CULTRA(3)		4.000000	CLTEFF(4)
0.05000	CULTRA(4)			
0.15000	CULTRA(5)	P1	Preparo convencional	
0.20000	CULTRA(6)	0.00000		CULTRA(1)
0.20000	CULTRA(7)	0.10000		CULTRA(2)
1.10000	CLTEFF(1)	0.90000		CULTRA(3)
1.10000	CLTEFF(2)	0.10000		CULTRA(4)
1.10000	CLTEFF(3)	0.90000		CULTRA(5)
1.10000	CLTEFF(4)	0.90000		CULTRA(6)
		1.00000		CULTRA(7)
H	Aplicação de herbicidas	2.000000		CLTEFF(1)
1.00000	CULTRA(1)	2.000000		CLTEFF(2)
0.00000	CULTRA(2)	2.000000		CLTEFF(3)
0.00000	CULTRA(3)	2.000000		CLTEFF(4)
0.00000	CULTRA(4)			
0.00000	CULTRA(5)	N1	Sem preparo	
0.00000	CULTRA(6)	0.05000		CULTRA(1)
1.00000	CULTRA(7)	0.05000		CULTRA(2)
1.00000	CLTEFF(1)	0.00000		CULTRA(3)
1.00000	CLTEFF(2)	0.05000		CULTRA(4)
1.00000	CLTEFF(3)	0.05000		CULTRA(5)
1.00000	CLTEFF(4)	0.05000		CULTRA(6)
		0.10000		CULTRA(7)
RF	Passagem do rolo faca	1.100000		CLTEFF(1)
0.00000	CULTRA(1)	1.100000		CLTEFF(2)
1.00000	CULTRA(2)	1.100000		CLTEFF(3)
0.00000	CULTRA(3)	1.100000		CLTEFF(4)
1.00000	CULTRA(4)			
0.00000	CULTRA(5)			
0.00000	CULTRA(6)			
0.00000	CULTRA(7)			
1.00000	CLTEFF(1)			
1.00000	CLTEFF(2)			
1.00000	CLTEFF(3)			
1.00000	CLTEFF(4)			
A	Efeito adicional de cultivo			
0.00000	CULTRA(1)			
0.00000	CULTRA(2)			
0.00000	CULTRA(3)			
0.00000	CULTRA(4)			
0.00000	CULTRA(5)			
0.00000	CULTRA(6)			
0.00000	CULTRA(7)			

APÊNDICE 8. Parâmetros das culturas do arquivo assessório SITE.100 do modelo Century 4.5 utilizados nas simulações.

*** Parâmetros ee Clima	0	IVAUTO	0.1	RCES1(2,2)
10.2 PRECIP(1)	1.0	NELEM	0.1	RCES1(2,3)
8.9 PRECIP(2)	-30.09	SITLAT	0.1	RCES2(1)
9.3 PRECIP(3)	-51.64	SITLNG	0.1	RCES2(2)
11.8 PRECIP(4)	0.517	SAND	0.1	RCES2(3)
12.5 PRECIP(5)	0.262	SILT	0.1	RCES3(1)
13.0 PRECIP(6)	0.229	CLAY	0.1	RCES3(2)
12.3 PRECIP(7)	0.00000	'ROCK'	0.1	RCES3(3)
13.4 PRECIP(8)	1.550	BULKD	0.1	CLITTR(1,1)
12.3 PRECIP(9)	5.0	NLAYER	0.1	CLITTR(1,2)
10.1 PRECIP(10)	5.0	NLAYPG	0.1	CLITTR(2,1)
9.2 PRECIP(11)	0.5	DRAIN	0.1	CLITTR(2,2)
9.2 PRECIP(12)	0.3	BASEF	0.1	RCELIT(1,1)
4.88 PRSTD(1)	0.6	STORMF	0.1	RCELIT(1,2)
6.31 PRSTD(2)	8.00000	'PRECRO'	0.1	RCELIT(1,3)
4.36 PRSTD(3)	0.15000	'FRACRO'	0.1	RCELIT(2,1)
7.80 PRSTD(4)	3.0	SWFLAG	0.1	RCELIT(2,2)
6.72 PRSTD(5)	0.2	AWILT(1)	0.1	RCELIT(2,3)
5.19 PRSTD(6)	0.2	AWILT(2)	0.1	AGLCIS(1)
7.68 PRSTD(7)	0.2	AWILT(3)	0.1	AGLCIS(2)
6.67 PRSTD(8)	0.2	AWILT(4)	0.1	AGLIVE(1)
7.78 PRSTD(9)	0.2	AWILT(5)	0.1	AGLIVE(2)
10.27 PRSTD(10)	0.2	AWILT(6)	0.1	AGLIVE(3)
4.40 PRSTD(11)	0.2	AWILT(7)	0.1	BGLCIS(1)
7.42 PRSTD(12)	0.2	AWILT(8)	0.1	BGLCIS(2)
0.24 PRCSKW(1)	0.2	AWILT(9)	0.1	BGLIVE(1)
2.04 PRCSKW(2)	0.2	AWILT(10)	0.1	BGLIVE(2)
0.04 PRCSKW(3)	0.4	AFIEL(1)	0.1	BGLIVE(3)
0.51 PRCSKW(4)	0.4	AFIEL(2)	0.1	STDCIS(1)
0.79 PRCSKW(5)	0.4	AFIEL(3)	0.1	STDCIS(2)
-0.32 PRCSKW(6)	0.4	AFIEL(4)	0.1	STDEDE(1)
-0.43 PRCSKW(7)	0.4	AFIEL(5)	0.1	STDEDE(2)
0.44 PRCSKW(8)	0.4	AFIEL(6)	0.1	STDEDE(3)
0.31 PRCSKW(9)	0.4	AFIEL(7)		
0.45 PRCSKW(10)	0.4	AFIEL(8)		
-0.28 PRCSKW(11)	0.4	AFIEL(9)		
0.93 PRCSKW(12)	0.4	AFIEL(10)	0.0	*** Parâmetros de material organica inicial de floresta
19.7 TMN2M(1)	5.1	PH	0.0	RLVCIS(1)
19.7 TMN2M(2)	1.0	PSLSRB	0.0	RLVCIS(2)
18.3 TMN2M(3)	100.0	SORPMX	0.0	RLEAVE(1)
15.5 TMN2M(4)			0.0	RLEAVE(2)
12.2 TMN2M(5)			0.0	RLEAVE(3)
9.8 TMN2M(6)	*** Parâmetros de entrada externa de nutrientes		0.0	FBRCIS(1)
9.2 TMN2M(7)	0.21	EPNFA(1)	0.0	FBRCIS(2)
10.3 TMN2M(8)	0.0028	EPNFA(2)	0.0	FBRCHE(1)
12.1 TMN2M(9)	30.0000	EPNFS(1)	0.0	FBRCHE(2)
13.8 TMN2M(10)	0.01000	EPNFS(2)	0.0	FBRCHE(3)
15.8 TMN2M(11)	0.00000	SATMOS(1)	0.0	RLWCIS(1)
17.9 TMN2M(12)	0.00000	SATMOS(2)	0.0	RLWCIS(2)
30.4 TMX2M(1)	0.00000	SIRRI	0.0	RLWODE(1)
30.0 TMX2M(2)			0.0	RLWODE(2)
28.5 TMX2M(3)	*** Valores para material orgânica inicial		0.0	RLWODE(3)
25.3 TMX2M(4)			0.0	FRTCIS(1)
21.9 TMX2M(5)	0.1	SOM1CI(1,1)	0.0	FRTCIS(2)
19.2 TMX2M(6)	0.1	SOM1CI(1,2)	0.0	FROOTE(1)
18.9 TMX2M(7)	0.1	SOM1CI(2,1)	0.0	FROOTE(2)
19.9 TMX2M(8)	0.1	SOM1CI(2,2)	0.0	FROOTE(3)
21.3 TMX2M(9)	0.1	SOM2CI(1)	0.0	CRTCIS(1)
23.5 TMX2M(10)	0.1	SOM2CI(2)	0.0	CRTCIS(2)
26.5 TMX2M(11)	0.1	SOM3CI(1)	0.0	CROOTE(1)
29.1 TMX2M(12)	0.1	SOM3CI(2)	0.0	CROOTE(2)
	0.1	RCES1(1,1)	0.0	CROOTE(3)
	0.1	RCES1(1,2)	0.0	WD1CIS(1)
*** Parâmetros de controle e local	0.1	RCES1(1,3)	0.0	WD1CIS(2)
	0.1	RCES1(2,1)	0.0	WD2CIS(1)

Continua...

0.0	WD2CIS(2)	0.0	MINERL(5,2)	1.0	SECNDY(2)
0.0	WD3CIS(1)	0.0	MINERL(6,2)	1.0	SECNDY(3)
0.0	WD3CIS(2)	0.0	MINERL(7,2)	0.0	OCCLUD
0.0		0.0	MINERL(8,2)		
0.0		0.0	MINERL(9,2)		
0.0		0.0	MINERL(10,2)		
0.0		0.0	MINERL(1,3)	1.0	RWCF(1)
0.0		0.0	MINERL(2,3)	1.0	RWCF(2)
0.0		0.0	MINERL(3,3)	1.0	RWCF(3)
0.0		0.0	MINERL(4,3)	0.0	RWCF(4)
0.0		0.0	MINERL(5,3)	0.0	RWCF(5)
1.0		0.0	MINERL(6,3)	0.0	RWCF(6)
0.0		0.0	MINERL(7,3)	0.0	RWCF(7)
0.0		0.0	MINERL(8,3)	0.0	RWCF(8)
0.0		0.0	MINERL(9,3)	0.0	RWCF(9)
0.0		0.0	MINERL(10,3)	0.0	RWCF(10)
1.0		0.0	PARENT(1)	0.0	SNLQ
0.0		1.0	PARENT(2)	0.0	SNOW
0.0		1.0	PARENT(3)		
0.0		1.0	SECNDY(1)		

*** Parâmetros de minerais iniciais		*** Parâmetros de água inicial	
----------------------------------------	--	-----------------------------------	--

APÊNDICE 9. Teores de C orgânico total do solo, g kg⁻¹, nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 1. EEA-UFRGS, 1987 (Teixeira, 1988).

Tratamentos	Dose de N kg ha ⁻¹	Profundidade cm	Bloco			Média
			I	II	III	
			-----g kg ⁻¹ -----			
A/M¹	0	0 - 2,5	13,50	18,80	21,30	17,87
		2,5 - 7,5	11,30	13,30	15,10	13,23
		7,5 - 17,5	10,30	11,10	12,00	11,13
A+V/M+C	0	0 - 2,5	19,40	26,20	31,80	25,80
		2,5 - 7,5	12,20	16,80	13,90	14,30
		7,5 - 17,5	10,60	10,80	11,90	11,10
LL+M	0	0 - 2,5	15,50	19,60	16,10	17,07
		2,5 - 7,5	11,50	11,20	12,30	11,67
		7,5 - 17,5	11,10	11,30	12,00	11,47
A+V/M	0	0 - 2,5	18,70	22,80	21,20	20,90
		2,5 - 7,5	15,00	19,20	14,40	16,20
		7,5 - 17,5	10,60	12,60	11,70	11,63
G+LL	0	0 - 2,5	17,00	20,00	14,30	17,10
		2,5 - 7,5	7,60	14,20	12,20	11,33
		7,5 - 17,5	10,60	11,50	10,80	10,97
G+M	0	0 - 2,5	38,40	20,30	22,40	27,03
		2,5 - 7,5	11,50	13,00	12,00	12,17
		7,5 - 17,5	9,80	11,60	11,40	10,93
P/M	0	0 - 2,5	13,40	13,00	13,40	13,27
		2,5 - 7,5	11,60	13,00	13,60	12,73
		7,5 - 17,5	10,10	13,40	11,10	11,53

¹A=aveia, C=caupi, G=guandu, LL=lablabe, M=milho, P=pousio e V=vica.

APÊNDICE 10. Teores de N total do solo, g kg⁻¹, nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 1. EEA-UFRGS, 1987 (Teixeira, 1988).

Tratamentos	Dose de N kg ha ⁻¹	Profundidade cm	Bloco			Média
			I	II	III	
A/M ¹	0	0 - 2,5	1,20	1,50	1,20	1,30
		2,5 - 7,5	0,90	1,10	0,90	0,97
		7,5 - 17,5	0,80	1,00	0,80	0,87
A+V/M+C	0	0 - 2,5	1,50	2,20	1,70	1,80
		2,5 - 7,5	0,90	1,10	1,40	1,13
		7,5 - 17,5	0,80	0,90	0,90	0,87
LL+M	0	0 - 2,5	1,30	1,10	1,50	1,30
		2,5 - 7,5	0,90	1,10	0,90	0,97
		7,5 - 17,5	0,80	1,00	0,80	0,87
A+V/M	0	0 - 2,5	1,50	1,50	1,60	1,53
		2,5 - 7,5	1,40	1,20	1,50	1,37
		7,5 - 17,5	0,80	0,90	1,00	0,90
G+LL	0	0 - 2,5	1,40	1,10	1,40	1,30
		2,5 - 7,5	0,90	1,10	1,00	1,00
		7,5 - 17,5	0,90	1,00	0,80	0,90
G+M	0	0 - 2,5	2,50	1,90	1,30	1,90
		2,5 - 7,5	0,90	1,20	0,90	1,00
		7,5 - 17,5	0,90	1,00	1,00	0,97
P/M	0	0 - 2,5	0,90	1,00	0,90	0,93
		2,5 - 7,5	0,90	1,00	1,20	1,03
		7,5 - 17,5	0,70	0,80	0,90	0,80

¹A=aveia, C=caupi, G=guandu, LL=lablabe, M=milho, P=pousio e V=vica.

APÊNDICE 11. Teores de C orgânico total do solo, g kg⁻¹, nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 1. EEA-UFRGS, 1988 (Testa, 1989).

Culturas	Dose de N kg ha ⁻¹	Profundidade cm	Bloco			Média
			I	II	III	
			-----g kg ⁻¹ -----			
A+V/M rev ¹	0	0 - 2,5	20,00	15,50	15,40	16,97
		2,5 - 7,5	12,50	13,20	13,00	12,90
		7,5 - 17,5	11,10	11,50	11,30	11,30
	120	0 - 2,5	15,10	14,80	14,40	14,77
		2,5 - 7,5	12,50	13,90	11,50	12,63
		7,5 - 17,5	10,00	11,70	10,80	10,83
A/M	0	0 - 2,5	16,20	16,70	15,80	16,23
		2,5 - 7,5	12,20	11,80	12,50	12,17
		7,5 - 17,5	9,10	11,00	9,70	9,93
	120	0 - 2,5	16,00	17,90	15,90	16,60
		2,5 - 7,5	12,70	12,60	12,70	12,67
		7,5 - 17,5	9,70	10,20	11,40	10,43
A+V/M+C	0	0 - 2,5	20,30	19,20	20,40	19,97
		2,5 - 7,5	11,30	13,40	13,40	12,70
		7,5 - 17,5	9,70	10,60	9,70	10,00
	120	0 - 2,5	20,40	18,70	25,40	21,50
		2,5 - 7,5	14,20	14,70	14,50	14,47
		7,5 - 17,5	9,90	10,30	10,50	10,23
LL+M	0	0 - 2,5	20,60	20,50	23,80	21,63
		2,5 - 7,5	13,90	12,20	13,40	13,17
		7,5 - 17,5	9,60	11,20	10,40	10,40
	120	0 - 2,5	26,90	24,10	29,30	26,77
		2,5 - 7,5	15,40	12,80	15,70	14,63
		7,5 - 17,5	9,90	10,30	11,80	10,67
A+V/M	0	0 - 2,5	19,40	17,30	17,30	18,00
		2,5 - 7,5	12,10	12,20	13,30	12,53
		7,5 - 17,5	9,40	10,00	10,60	10,00
	120	0 - 2,5	21,00	18,40	17,80	19,07
		2,5 - 7,5	13,30	13,50	12,60	13,13
		7,5 - 17,5	10,90	10,20	10,30	10,47
G+LL	0	0 - 2,5	23,90	26,00	20,50	23,47
		2,5 - 7,5	11,30	11,50	12,10	11,63
		7,5 - 17,5	9,30	10,20	10,20	9,90

APÊNDICE 11. Continuação

Culturas	Dose de N kg ha ⁻¹	Profundidade cm	Bloco			Média
			I	II	III	
			-----g kg ⁻¹ -----			
	120	0 - 2,5	24,00	22,50	22,30	22,93
		2,5 - 7,5	14,00	13,80	12,40	13,40
		7,5 - 17,5	10,00	9,50	10,70	10,07
G+M	0	0 - 2,5	31,30	31,50	32,60	31,80
		2,5 - 7,5	13,90	15,00	13,50	14,13
		7,5 - 17,5	9,40	10,80	10,20	10,13
	120	0 - 2,5	30,10	36,10	32,00	32,73
		2,5 - 7,5	14,90	14,90	16,40	15,40
		7,5 - 17,5	10,80	10,70	12,30	11,27
P/M	0	0 - 2,5	15,00	16,00	13,30	14,77
		2,5 - 7,5	10,20	11,70	11,30	11,07
		7,5 - 17,5	9,50	10,60	9,80	9,97
	120	0 - 2,5	12,70	15,30	13,00	13,67
		2,5 - 7,5	9,90	10,70	10,70	10,43
		7,5 - 17,5	9,50	10,90	10,40	10,27
Pangola	0	0 - 2,5	19,50	19,60	20,00	19,70
		2,5 - 7,5	10,80	11,60	12,70	11,70
		7,5 - 17,5	9,50	10,50	10,70	10,23
	120	0 - 2,5	24,00	24,10	26,70	24,93
		2,5 - 7,5	11,30	12,50	12,60	12,13
		7,5 - 17,5	10,00	10,10	11,20	10,43
Descoberto	0	0 - 2,5	11,40	11,50	12,50	11,80
		2,5 - 7,5	9,70	10,70	11,00	10,47
		7,5 - 17,5	9,30	9,90	10,30	9,83
	120	0 - 2,5	13,10	11,40	13,50	12,67
		2,5 - 7,5	10,50	10,10	12,50	11,03
		7,5 - 17,5	10,10	9,30	10,30	9,90

[†]A=aveia, C=caupi, G=guandu, LL=lablabe, M=milho, P=pousio, rev=revolvido e V=vica.

APÊNDICE 12. Teores de N total do solo, g kg⁻¹, nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 1. EEA-UFRGS, 1988 (Testa, 1989).

Culturas	Dose de N kg ha ⁻¹	Profundidade cm	Bloco			Média
			I	II	III	
-----g kg ⁻¹ -----						
A+V/M rev ¹	0	0 - 2,5	0,90	0,80	0,80	0,83
		2,5 - 7,5	1,00	0,90	0,90	0,93
		7,5 - 17,5	0,80	1,10	1,00	0,97
	120	0 - 2,5	0,80	1,00	0,90	0,90
		2,5 - 7,5	1,00	1,10	1,10	1,07
		7,5 - 17,5	0,90	1,10	1,00	1,00
A/M	0	0 - 2,5	1,10	1,00	1,00	1,03
		2,5 - 7,5	0,80	0,90	0,80	0,83
		7,5 - 17,5	0,90	1,00	0,80	0,90
	120	0 - 2,5	0,90	1,00	1,10	1,00
		2,5 - 7,5	0,90	1,10	1,10	1,03
		7,5 - 17,5	0,80	0,80	0,90	0,83
A+V/M+C	0	0 - 2,5	1,60	1,50	1,70	1,60
		2,5 - 7,5	1,20	1,00	1,00	1,07
		7,5 - 17,5	0,90	0,80	0,90	0,87
	120	0 - 2,5	1,30	1,20	1,50	1,33
		2,5 - 7,5	1,10	1,10	1,20	1,13
		7,5 - 17,5	1,00	0,90	0,90	0,93
LL+M	0	0 - 2,5	1,50	1,60	1,80	1,63
		2,5 - 7,5	1,10	1,20	1,30	1,20
		7,5 - 17,5	0,80	0,90	0,80	0,83
	120	0 - 2,5	1,80	1,50	1,90	1,73
		2,5 - 7,5	1,40	1,20	1,40	1,33
		7,5 - 17,5	0,80	0,80	0,90	0,83
AV/M	0	0 - 2,5	1,20	1,20	1,20	1,20
		2,5 - 7,5	1,30	1,30	1,20	1,27
		7,5 - 17,5	1,00	0,90	0,80	0,90
	120	0 - 2,5	1,30	1,30	1,30	1,30
		2,5 - 7,5	1,20	1,30	1,30	1,27
		7,5 - 17,5	1,00	0,90	0,90	0,93
G+LL	0	0 - 2,5	1,70	1,70	1,70	1,70
		2,5 - 7,5	0,90	1,40	1,40	1,23
		7,5 - 17,5	0,80	0,80	1,00	0,87
	120	0 - 2,5	1,80	1,90	1,70	1,80
		2,5 - 7,5	1,10	1,30	1,40	1,27
		7,5 - 17,5	0,80	0,80	0,90	0,83
G+M	0	0 - 2,5	2,20	2,20	2,40	2,27

APÊNDICE 12. Continuação

Culturas	Dose de N kg ha ⁻¹	Profundidade cm	Bloco			Média
			I	II	III	
			-----g kg ⁻¹ -----			
		2,5 - 7,5	1,30	1,50	1,20	1,33
		7,5 - 17,5	0,80	1,00	0,90	0,90
	120	0 - 2,5	2,20	2,10	2,20	2,17
		2,5 - 7,5	1,30	1,40	1,40	1,37
		7,5 - 17,5	1,00	0,90	0,90	0,93
P/M	0	0 - 2,5	0,90	1,00	1,00	0,97
		2,5 - 7,5	0,90	0,90	0,90	0,90
		7,5 - 17,5	0,70	0,90	0,80	0,80
	120	0 - 2,5	0,90	1,00	0,90	0,93
		2,5 - 7,5	0,90	1,00	0,90	0,93
		7,5 - 17,5	0,90	0,80	0,90	0,87
Pangola	0	0 - 2,5	1,40	1,40	1,40	1,40
		2,5 - 7,5	1,00	1,00	0,90	0,97
		7,5 - 17,5	0,80	0,80	0,90	0,83
	120	0 - 2,5	1,50	1,70	1,80	1,67
		2,5 - 7,5	1,10	1,00	1,00	1,03
		7,5 - 17,5	0,90	0,90	0,90	0,90
Descoberto	0	0 - 2,5	0,90	0,80	0,90	0,87
		2,5 - 7,5	0,80	0,80	0,90	0,83
		7,5 - 17,5	0,90	0,90	0,90	0,90
	120	0 - 2,5	1,00	0,80	0,90	0,90
		2,5 - 7,5	0,80	0,80	0,90	0,83
		7,5 - 17,5	0,90	0,90	0,90	0,90

¹A=aveia, C=caupi, G=guandu, LL=lablabe, M=milho, P=pousio, ver=revolvido e V=vica.

APÊNDICE 13. Teores de C orgânico total do solo, g kg^{-1} , nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 1. EEA-UFRGS, 1991 (Pavinato, 1993).

Culturas	Dose de N kg ha^{-1}	Profundidade cm	Bloco			Média
			I	II	III	
-----g kg^{-1} -----						
A+V/M rev	0	0 - 2,5	18,90	21,00	17,50	19,13
		2,5 - 7,5	12,30	12,30	12,00	12,20
		7,5 - 12,5	11,40	11,30	11,00	11,23
		12,5-17,5	10,10	10,60	9,80	10,17
A/M	0	0 - 2,5	17,70	19,00	19,30	18,67
		2,5 - 7,5	12,40	13,10	12,80	12,77
		7,5 - 12,5	10,00	10,40	10,60	10,33
		12,5-17,5	9,40	10,30	10,30	10,00
A+V/M+C	0	0 - 2,5	20,20	21,40	21,20	20,93
		2,5 - 7,5	13,40	14,60	13,90	13,97
		7,5 - 12,5	10,80	10,50	11,30	10,87
		12,5-17,5	9,70	10,20	11,30	10,40
LL+M	0	0 - 2,5	21,40	27,00	25,30	24,57
		2,5 - 7,5	12,10	13,60	14,10	13,27
		7,5 - 12,5	10,50	11,90	11,80	11,40
		12,5-17,5	9,70	9,60	11,20	10,17
A+V/M	0	0 - 2,5	21,30	19,90	17,40	19,53
		2,5 - 7,5	14,30	13,10	13,00	13,47
		7,5 - 12,5	11,40	10,60	11,00	11,00
		12,5-17,5	10,00	10,30	10,00	10,10
G+LL	0	0 - 2,5	27,30	24,90	28,80	27,00
		2,5 - 7,5	12,90	14,00	14,80	13,90
		7,5 - 12,5	10,40	11,10	11,50	11,00
		12,5-17,5	11,30	10,40	11,30	11,00
G+M	0	0 - 2,5	29,30	39,90	27,20	32,13
		2,5 - 7,5	15,80	18,20	14,40	16,13
		7,5 - 12,5	12,40	14,00	11,80	12,73
		12,5-17,5	10,30	10,40	10,70	10,47
P/M	0	0 - 2,5	16,10	17,10	15,50	16,23
		2,5 - 7,5	15,20	11,70	12,10	13,00
		7,5 - 12,5	9,70	10,70	10,90	10,43
		12,5-17,5	9,60	10,60	10,10	10,10
Pangola	0	0 - 2,5	24,40	20,30	19,80	21,50
		2,5 - 7,5	12,90	12,90	13,00	12,93
		7,5 - 12,5	10,80	10,50	10,50	10,60
		12,5-17,5	10,40	10,20	10,20	10,27
Descoberto	0	0 - 2,5	13,60	12,50	14,30	13,47
		2,5 - 7,5	10,30	9,90	11,30	10,50
		7,5 - 12,5	9,30	9,40	10,20	9,63
		12,5-17,5	9,60	8,90	9,80	9,43

APÊNDICE 14. Teores de N total do solo, g kg⁻¹, nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 1. EEA-UFRGS, 1991 (Pavinato, 1993).

Culturas	Dose de N kg ha ⁻¹	Profundidade cm	Bloco			Média
			I	II	III	
-----g kg ⁻¹ -----						
A+V/M rev	0	0 - 2,5	1,30	1,60	1,30	1,40
		2,5 - 7,5	1,00	1,00	0,90	0,97
		7,5 - 12,5	0,90	1,00	1,00	0,97
		12,5-17,5	0,80	0,90	0,90	0,87
A/M	0	0 - 2,5	1,30	1,30	1,30	1,30
		2,5 - 7,5	1,00	1,10	1,10	1,07
		7,5 - 12,5	0,90	1,00	0,90	0,93
		12,5-17,5	0,80	0,80	0,80	0,80
A+V/M+C	0	0 - 2,5	1,60	1,60	1,70	1,63
		2,5 - 7,5	1,10	1,20	1,20	1,17
		7,5 - 12,5	0,90	1,00	0,90	0,93
		12,5-17,5	0,80	0,90	0,90	0,87
LL+M	0	0 - 2,5	1,60	1,90	1,80	1,77
		2,5 - 7,5	1,00	1,20	1,20	1,13
		7,5 - 12,5	0,90	1,00	1,00	0,97
		12,5-17,5	0,80	0,80	0,80	0,80
A+V/M	0	0 - 2,5	1,60	1,50	1,40	1,50
		2,5 - 7,5	1,20	1,10	1,10	1,13
		7,5 - 12,5	0,90	1,00	1,00	0,97
		12,5-17,5	0,80	0,80	0,80	0,80
G+LL	0	0 - 2,5	2,00	2,00	2,10	2,03
		2,5 - 7,5	1,10	1,20	1,20	1,17
		7,5 - 12,5	0,90	0,80	1,00	0,90
		12,5-17,5	0,90	0,80	0,80	0,83
G+M	0	0 - 2,5	2,10	2,70	1,80	2,20
		2,5 - 7,5	1,20	1,40	1,10	1,23
		7,5 - 12,5	1,00	1,10	1,00	1,03
		12,5-17,5	0,80	0,90	0,90	0,87
P/M	0	0 - 2,5	1,10	1,20	1,10	1,13
		2,5 - 7,5	1,00	0,90	0,90	0,93
		7,5 - 12,5	0,80	0,90	0,90	0,87
		12,5-17,5	0,70	0,80	0,80	0,77
Pangola	0	0 - 2,5	1,60	1,40	1,40	1,47
		2,5 - 7,5	1,00	1,10	1,10	1,07
		7,5 - 12,5	0,80	0,90	0,90	0,87
		12,5-17,5	0,80	0,70	0,80	0,77
Descoberto	0	0 - 2,5	1,00	0,90	0,90	0,93
		2,5 - 7,5	0,80	0,70	0,80	0,77
		7,5 - 12,5	0,70	0,90	0,80	0,80
		12,5-17,5	0,60	0,70	0,80	0,70

¹A=aveia, C=caupi, G=guandu, LL=lablabe, M=milho, P=pousio, ver=revolvido e V=vica.

APÊNDICE 15. Teores de C orgânico total do solo, g kg⁻¹, nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 1. EEA-UFRGS, 1993 (Burle, 1994).

Culturas	Dose de N kg ha ⁻¹	Profundidade cm	Bloco			Média
			I	II	III	
-----g kg ⁻¹ -----						
A+V/M rev ¹	0	0 - 2,5	16,50	21,20	15,40	17,70
		2,5 - 7,5	13,40	15,70	12,50	13,87
		7,5 - 17,5	10,70	11,20	11,10	11,00
A/M	0	0 - 2,5	16,60	15,40	15,40	15,80
		2,5 - 7,5	12,40	11,60	12,40	12,13
		7,5 - 17,5	9,80	10,30	11,20	10,43
A+V/M+C	0	0 - 2,5	21,80	20,90	21,80	21,50
		2,5 - 7,5	16,10	14,80	15,10	15,33
		7,5 - 17,5	10,80	10,60	11,20	10,87
LL+M	0	0 - 2,5	24,10	23,90	23,20	23,73
		2,5 - 7,5	13,60	14,30	14,00	13,97
		7,5 - 17,5	10,20	9,70	11,40	10,43
A+V/M	0	0 - 2,5	22,80	17,90	16,60	19,10
		2,5 - 7,5	14,20	15,20	13,40	14,27
		7,5 - 17,5	10,50	10,70	10,40	10,53
G+LL	0	0 - 2,5	29,00	27,20	27,20	27,80
		2,5 - 7,5	16,70	12,90	15,70	15,10
		7,5 - 17,5	10,20	9,50	11,20	10,30
G+M	0	0 - 2,5	29,00	36,70	27,40	31,03
		2,5 - 7,5	16,10	16,40	21,90	18,13
		7,5 - 17,5	11,80	12,50	12,80	12,37
P/M	0	0 - 2,5	12,10	17,70	16,30	15,37
		2,5 - 7,5	9,80	11,20	11,60	10,87
		7,5 - 17,5	9,50	9,60	9,50	9,53
Pangola	0	0 - 2,5	21,20	21,30	22,90	21,80
		2,5 - 7,5	13,80	13,50	15,70	14,33
		7,5 - 17,5	10,50	10,50	10,10	10,37
Descoberto	0	0 - 2,5	13,50	13,10	12,80	13,13
		2,5 - 7,5	10,70	10,20	10,20	10,37
		7,5 - 17,5	9,60	9,30	9,10	9,33

¹A=aveia, C=caupi, G=guandu, LL=lablabe, M=milho, P=pousio, rev=revolvido e V=vica.

APÊNDICE 16. Teores de N total do solo, g kg⁻¹, nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 1. EEA-UFRGS, 1993 (Burle, 1994).

Culturas	Dose de N kg ha ⁻¹	Profundidade cm	Bloco			Média
			I	II	III	
-----g kg ⁻¹ -----						
A+V/M rev ¹	0	0 - 2,5	1,40	1,70	1,30	1,47
		2,5 - 7,5	1,10	1,30	1,00	1,13
		7,5 - 17,5	0,90	0,90	0,80	0,87
A/M	0	0 - 2,5	1,30	1,30	1,20	1,27
		2,5 - 7,5	1,00	1,00	1,00	1,00
		7,5 - 17,5	0,90	0,80	0,90	0,87
A+V/M+C	0	0 - 2,5	1,70	1,60	1,70	1,67
		2,5 - 7,5	1,30	1,30	1,20	1,27
		7,5 - 17,5	0,90	0,90	1,00	0,93
LL+M	0	0 - 2,5	2,00	2,00	1,80	1,93
		2,5 - 7,5	1,20	0,80	1,20	1,07
		7,5 - 17,5	0,80	0,80	0,90	0,83
A+V/M	0	0 - 2,5	1,90	1,50	1,60	1,67
		2,5 - 7,5	1,30	1,40	1,10	1,27
		7,5 - 17,5	1,00	0,80	0,90	0,90
G+LL	0	0 - 2,5	2,30	2,30	2,30	2,30
		2,5 - 7,5	1,20	1,10	1,40	1,23
		7,5 - 17,5	0,90	0,80	0,90	0,87
G+M	0	0 - 2,5	2,30	2,80	1,90	2,33
		2,5 - 7,5	1,40	1,40	1,70	1,50
		7,5 - 17,5	0,90	0,90	1,10	0,97
P/M	0	0 - 2,5	0,90	1,30	1,30	1,17
		2,5 - 7,5	0,80	1,10	1,00	0,97
		7,5 - 17,5	0,70	1,00	0,70	0,80
Pangola	0	0 - 2,5	1,50	1,40	1,60	1,50
		2,5 - 7,5	1,00	0,80	1,20	1,00
		7,5 - 17,5	0,90	0,80	0,80	0,83
Descoberto	0	0 - 2,5	1,00	1,00	1,00	1,00
		2,5 - 7,5	0,90	0,80	0,80	0,83
		7,5 - 17,5	0,80	0,70	0,80	0,77

¹A=aveia, C=caupi, G=guandu, LL=lablabe, M=milho, P=pousio, rev=revolvido e V=vica.

APÊNDICE 17. Teores de C orgânico total do solo, g dm^{-3} , nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 1. EEA-UFRGS, 1994 (Bayer, 1996).

Culturas	Dose de N kg ha^{-1}	Profundidade cm	Bloco			Média
			I	II	III	
			----- g dm^{-3} -----			
A+V/M rev¹	0	0-2,5	41,8	28,8	26,3	32,3
		2,5-5,0	27,2	18,7	21,5	22,5
		5,0-7,5	20,5	16	16,3	17,6
		7,5-12,5	17,8	15,2	16,1	16,3
		12,5-17,5	16,1	16,1	14,8	15,6
		17,5-30,0	14,1	14,1	14,9	14,4
A/M	0	0-2,5	25,1	24,6	22,1	23,9
		2,5-5,0	16,9	18,5	18	17,8
		5,0-7,5	15,2	15,7	16	15,8
		7,5-12,5	14,4	15,3	15,2	15
		12,5-17,5	14,9	14,9	15,8	15,2
		17,5-30,0	14,4	14,2	14,6	14,4
A+V/M+C	0	0-2,5	30,5	30,5	34,2	31,7
		2,5-5,0	22,4	25,6	25,4	24,5
		5,0-7,5	17,4	20,1	21,8	19,7
		7,5-12,5	15,9	16,4	17,3	16,6
		12,5-17,5	15,3	15,3	16,7	15,8
LL+M	0	0-2,5	40,4	32	34,7	35,7
		2,5-5,0	24,1	23,3	23,9	23,8
		5,0-7,5	18,1	19,2	21,2	19,5
		7,5-12,5	16,5	16,7	18,2	17,1
		12,5-17,5	15,3	14,7	17	15,7
A+V/M	0	0-2,5	32,2	25,7	29	29
		2,5-5,0	24,6	21,8	20,6	22,3
		5,0-7,5	19	18,4	18,7	18,7
		7,5-12,5	16,2	15,9	17,3	16,5
		12,5-17,5	15,9	14,4	18,8	16,4
G+LL	0	0-2,5	31,9	33,2	34,4	33,1
		2,5-5,0	22,8	24,7	24,4	24
		5,0-7,5	21	19,2	21,2	20,5
		7,5-12,5	16,8	15,9	18,3	17
		12,5-17,5	15,6	14,1	15,6	15,1
		17,5-30,0	14,2	16,3	15,5	15,3
G+M	0	0-2,5	39,7	48,5	29,5	39,2
		2,5-5,0	27	30,6	18,8	25,5
		5,0-7,5	23	22,4	16,9	20,8
		7,5-12,5	19,1	19,9	16,1	18,4
		12,5-17,5	14,3	18	14,3	15,5
		17,5-30,0	15,8	17,1	16,6	16,5
P/M	0	0-2,5	20,9	24,2	25,3	23,4
		2,5-5,0	18,3	15,5	16,3	16,7

APÊNDICE 17. Continuação

Culturas	Dose de N kg ha ⁻¹	Profundidade cm	Bloco			Média
			I	II	III	
			-----g dm ⁻³ -----			
		5,0-7,5	14,1	15,7	13,8	14,5
		7,5-12,5	13,5	15,5	14,6	14,6
		12,5-17,5	15,2	14,9	12,9	14,4
Pangola	0	0-2,5	24,3	21,2	22,7	22,7
		2,5-5,0	16,8	16,4	20,6	17,9
		5,0-7,5	15,7	18	18	17,2
		7,5-12,5	14,7	14,9	15,8	15,2
		12,5-17,5	14,8	16,2	16	15,7
		17,5-30,0	14,8	18	16,1	16,3
Descoberto	0	0-2,5	18,9	19,8	19,4	19,4
		2,5-5,0	16,5	17,6	16,6	16,9
		5,0-7,5	14	14,5	15,8	14,8
		7,5-12,5	12,8	13	13,9	13,2
		12,5-17,5	13,6	13,3	13,6	13,5

¹A=aveia, C=caupi, G=guandu, LL=lablabe, M=milho, P=pousio, rev=revolvido e V=vica.

APÊNDICE 18. Teores de N total do solo, g dm⁻³, nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 1. EEA-UFRGS, 1994 (Bayer, 1996).

Culturas	Dose de N kg ha ⁻¹	Profundidade cm	Bloco			Média
			I	II	III	
			-----g dm ⁻³ -----			
A+V/M rev ¹	0	0-2,5	2,12	2,41	2,07	2,2
		2,5-5,0	1,77	1,79	1,8	1,79
		5,0-7,5	1,73	1,46	1,44	1,54
		7,5-12,5	1,4	0,91	1,39	1,23
		12,5-17,5	1,37	1,34	1,12	1,28
		17,5-30,0	1,13	1,14	1,04	1,1
A/M	0	0-2,5	1,78	1,91	1,85	1,85
		2,5-5,0	1,35	1,61	1,49	1,48
		5,0-7,5	1,28	1,39	1,44	1,37
		7,5-12,5	1,3	1,41	1,32	1,34
		12,5-17,5	0,14	1,34	1,32	1,27
		17,5-30,0	0,89	1,13	1,35	1,12
A+V/M+C	0	0-2,5	2,15	2,73	2,73	2,53
		2,5-5,0	1,62	2,26	2,26	2,05
		5,0-7,5	1,23	1,85	1,86	1,64
		7,5-12,5	0,61	1,53	1,78	1,3
		12,5-17,5	1,35	1,38	1,47	1,4
LL+M	0	0-2,5	2,91	2,71	2,91	2,84
		2,5-5,0	1,68	2,09	2,11	1,96
		5,0-7,5	1,43	1,81	1,71	1,65
		7,5-12,5	1,22	1,53	1,76	1,5
		12,5-17,5	1	1,5	1,47	1,32
A+V/M	0	0-2,5	2,56	2,29	2,4	2,42
		2,5-5,0	2,01	2,2	2,07	2,1
		5,0-7,5	1,78	1,68	1,51	1,66
		7,5-12,5	1,27	1,29	1,35	1,3
		12,5-17,5	1,19	1,41	1,49	1,36
G+LL	0	0-2,5	2,54	2,82	2,99	2,78
		2,5-5,0	1,73	2	2,11	1,95
		5,0-7,5	1,42	1,74	1,89	1,68
		7,5-12,5	1,88	1,45	1,65	1,66
		12,5-17,5	1,15	1,15	1,39	1,23
		17,5-30,0	1,15	1,11	1,23	1,16
G+M	0	0-2,5	3,2	3,15	2,35	2,9
		2,5-5,0	2,08	2,54	1,75	2,12
		5,0-7,5	1,82	1,91	1,53	1,75

APÊNDICE 18. Continuação

Culturas	Dose de N kg ha ⁻¹	Profundidade cm	Bloco			Média
			I	II	III	
			-----g dm ⁻³ -----			
		7,5-12,5	1,41	1,09	1,4	1,3
		12,5-17,5	1,13	1,3	1,15	1,2
		17,5-30,0	1,31	1,27	1,34	1,31
P/M	0	0-2,5	1,27	1,4	2,07	1,58
		2,5-5,0	1,16	1,34	1,49	1,33
		5,0-7,5	1,24	1,28	1,55	1,36
		7,5-12,5	1,26	1,19	1,41	1,29
		12,5-17,5	1,49	1,26	1,2	1,32
Pangola	0	0-2,5	1,42	1,52	1,78	1,57
		2,5-5,0	1,45	1,21	1,59	1,42
		5,0-7,5	1,32	1,62	1,56	1,5
		7,5-12,5	1,54	0,96	1,44	1,31
		12,5-17,5	1,36	1,41	1,31	1,36
		17,5-30,0	1,02	1,27	1,2	1,16
Descoberto	0	0-2,5	1,19	1,7	1,64	1,51
		2,5-5,0	1,2	1,49	1,43	1,37
		5,0-7,5	1,06	1,25	1,26	1,19
		7,5-12,5	0,97	1,23	1,39	1,2
		12,5-17,5	0,96	1,23	1,25	1,15

[†]A=aveia, C=caupi, G=guandu, LL=lablabe, M=milho, P=pousio, rev=revolvido e V=vica.

APÊNDICE 19. Teores de C orgânico total do solo, g dm^{-3} , nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 1. EEA-UFRGS, 1999 (Pillon, 2000).

Culturas	Dose de N kg ha^{-1}	Profundidade cm	Bloco			Média
			I	II	III	
-----g dm^{-3} -----						
A/M¹	0	0 - 2,5	24,2	29,1	26,3	26,53
		2,5 - 7,5	20,6	21,1	21,2	20,97
		7,5 - 17,5	16,4	19,1	18	17,83
		17,5-30,0	16,2	17	16,2	16,47
A+V/M+C	0	0 - 2,5	33,9	33,9	35,9	34,57
		2,5 - 7,5	23,9	21,2	23,5	22,87
		7,5 - 17,5	18,1	17,9	18,8	18,27
		17,5-30,0	17,5	18,2	17,8	17,83
LL+M	0	0 - 2,5	41,7	31,8	36	36,50
		2,5 - 7,5	22	22	27,1	23,70
		7,5 - 17,5	19,3	19,4	21,4	20,03
		17,5-30,0	19,3	17,5	18,3	18,37
G+LL	0	0 - 2,5	39,2	37,4	42,3	39,63
		2,5 - 7,5	23,8	21,5	26,6	23,97
		7,5 - 17,5	17,5	17,2	18	17,57
		17,5-30,0	18,2	17,5	16,8	17,50
G+M	0	0 - 2,5	40,3	35,4	29,7	35,13
		2,5 - 7,5	23	21,9	22,1	22,33
		7,5 - 17,5	16	16,4	16,7	16,37
		17,5-30,0	15,7	15,8	17,2	16,23
P/M	0	0 - 2,5	24	27	29,3	26,77
		2,5 - 7,5	16,8	19,2	17,5	17,83
		7,5 - 17,5	16,2	16	15,1	15,77
		17,5-30,0	15,7	16,4	16	16,03

¹A=aveia, C=caupi, G=guandu, LL=lablabe, M=milho, P=pousio, rev=revolvido e V=vica.

APÊNDICE 20. Teores de N total do solo, g dm⁻³, nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 1. EEA-UFRGS, 1999 (Pillon, 2000).

Culturas	Dose de N kg ha ⁻¹	Profundidade cm	Bloco			Média
			I	II	III	
-----g dm ⁻³ -----						
A/M¹	0	0 - 2,5	1,9	2,34	2,04	2,09
		2,5 - 7,5	1,54	1,65	1,58	1,59
		7,5 - 17,5	1,4	1,4	1,38	1,39
		17,5-30,0	1,1	1,27	1,19	1,19
A+V/M+C	0	0 - 2,5	2,53	2,44	2,86	2,61
		2,5 - 7,5	1,97	1,76	1,93	1,89
		7,5 - 17,5	1,44	1,41	1,59	1,48
		17,5-30,0	1,3	1,29	1,31	1,30
LL+M	0	0 - 2,5	3,48	2,79	2,99	3,09
		2,5 - 7,5	1,83	1,76	2,2	1,93
		7,5 - 17,5	1,34	1,34	1,77	1,48
		17,5-30,0	1,29	1,17	1,31	1,26
G+LL	0	0 - 2,5	3,1	2,99	3,52	3,20
		2,5 - 7,5	1,92	1,71	2,1	1,91
		7,5 - 17,5	1,36	1,31	1,43	1,37
		17,5-30,0	1,24	1,22	1,22	1,23
G+M	0	0 - 2,5	2,99	2,96	2,06	2,67
		2,5 - 7,5	1,85	1,79	1,82	1,82
		7,5 - 17,5	1,27	1,36	1,43	1,35
		17,5-30,0	1,34	1,27	1,27	1,29
P/M	0	0 - 2,5	1,8	2,21	2,26	2,09
		2,5 - 7,5	1,31	1,55	1,45	1,44
		7,5 - 17,5	1,23	1,28	1,28	1,26
		17,5-30,0	1,23	1,15	1,15	1,18

¹A=aveia, C=caupi, G=guandu, LL=lablabe, M=milho, P=pousio, rev=revolvido e V=vica.

APÊNDICE 21. Teores de C orgânico total do solo, g kg⁻¹, nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 1. EEA-UFRGS, 2002 (Vieira, 2007).

Culturas	Profundidade cm	Dose de N, kg ha ⁻¹							
		0				180			
		I	II	III	Média	I	II	III	Média
P/M¹	0-2,5	16,35	13,16	17,41	15,64	16,30	17,68	17,32	17,10
	2,5-5,0	11,46	11,76	11,87	11,70	12,71	13,38	11,81	12,63
	5,0-7,5	10,66	9,30	9,84	9,93	10,91	10,45	10,17	10,51
	7,5-12,5	8,95	8,76	8,63	8,78	10,90	10,36	9,22	10,16
	12,5-17,5	9,32	9,93	8,70	9,32	11,41	9,48	9,75	10,21
	17,5-30,0	10,95	10,02	9,96	10,31	11,39	10,39	10,22	10,67
A/M	0-2,5	15,70	18,25	15,62	16,52	16,89	18,19	16,86	17,31
	2,5-5,0	13,30	12,88	12,86	13,01	14,39	15,73	13,06	14,39
	5,0-7,5	11,54	10,83	10,12	10,83	12,97	15,42	12,23	13,54
	7,5-12,5	9,66	9,97	9,85	9,83	10,23	12,94	10,40	11,19
	12,5-17,5	8,30	8,99	9,77	9,02	10,10	10,51	9,77	10,13
	17,5-30,0	9,48	9,20	10,29	9,66	9,74	9,80	10,20	9,91
LL+M	0-2,5	28,02	24,31	27,98	26,77	30,06	29,11	28,28	29,15
	2,5-5,0	21,44	14,17	19,91	18,51	26,13	16,63	18,89	20,55
	5,0-7,5	17,67	11,64	16,93	15,41	19,85	14,89	14,76	16,50
	7,5-12,5	15,05	9,98	12,60	12,54	16,57	11,95	12,62	13,71
	12,5-17,5	12,45	9,95	10,79	11,06	12,17	10,34	10,58	11,03
	17,5-30,0	11,72	10,33	11,18	11,08	10,58	10,48	10,60	10,55
A+V/M	0-2,5	21,47	16,99	15,62	18,03	24,93	19,23	16,93	20,36
	2,5-5,0	16,11	14,05	12,36	14,17	16,92	14,07	12,37	14,45
	5,0-7,5	12,96	12,45	9,92	11,78	14,28	13,36	10,56	12,73
	7,5-12,5	10,83	10,61	9,38	10,27	12,10	11,30	8,76	10,72
	12,5-17,5	9,83	9,25	8,56	9,21	9,22	9,67	9,34	9,41
	17,5-30,0	9,10	9,58	9,91	9,53	9,82	11,25	9,77	10,28
A+V/M+C	0-2,5	20,57	20,55	21,95	21,02	-	-	-	-
	2,5-5,0	15,16	14,26	17,32	15,58	-	-	-	-
	5,0-7,5	13,77	11,97	14,45	13,40	-	-	-	-
	7,5-12,5	11,01	9,80	11,52	10,78	-	-	-	-
	12,5-17,5	9,90	8,97	10,77	9,88	-	-	-	-
	17,5-30,0	10,35	9,74	10,87	10,32	-	-	-	-
G+M	0-2,5	23,82	21,41	28,00	24,41	-	-	-	-
	2,5-5,0	18,23	16,39	15,71	16,78	-	-	-	-
	5,0-7,5	13,45	13,80	15,19	14,15	-	-	-	-
	7,5-12,5	11,07	11,83	12,63	11,84	-	-	-	-
	12,5-17,5	9,37	11,21	9,53	10,04	-	-	-	-
	17,5-30,0	10,51	9,80	10,07	10,13	-	-	-	-
Pangola	0-2,5	19,40	20,15	17,80	19,12	-	-	-	-
	2,5-5,0	14,75	14,36	12,57	13,89	-	-	-	-
	5,0-7,5	12,51	13,01	11,63	12,38	-	-	-	-
	7,5-12,5	10,26	10,42	10,07	10,25	-	-	-	-
	12,5-17,5	9,59	10,31	6,93	8,94	-	-	-	-
	17,5-30,0	10,06	10,71	9,90	10,22	-	-	-	-

¹A=aveia, C=caupi, G=guandu, LL=lablabe, M=milho, P=pousio e V=vica.

APÊNDICE 22. Teores de N total do solo, g kg⁻¹, nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 1. EEA-UFRGS, 2002 (Vieira, 2007).

Culturas	Profundidade cm	Dose de N, kg ha ⁻¹							
		0				180			
		I	II	III	Média	I	II	III	Média
P/M¹	0-2,5	1,41	1,24	1,41	1,35	1,41	1,59	1,59	1,53
	2,5-5,0	0,88	1,24	1,06	1,06	1,06	1,41	1,24	1,24
	5,0-7,5	1,06	0,88	1,06	1,00	1,06	0,88	0,71	0,88
	7,5-12,5	0,88	0,71	0,71	0,77	1,06	0,71	0,88	0,88
	12,5-17,5	0,71	0,71	0,71	0,71	0,88	0,88	0,71	0,82
	17,5-30,0	0,88	0,71	0,53	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
A/M	0-2,5	1,59	1,77	1,59	1,65	1,41	1,77	1,77	1,65
	2,5-5,0	1,24	1,24	0,88	1,12	1,41	1,59	1,33	1,44
	5,0-7,5	0,88	1,06	0,88	0,94	1,24	1,41	0,88	1,18
	7,5-12,5	0,88	0,88	0,71	0,82	0,88	1,06	0,88	0,94
	12,5-17,5	0,71	0,97	0,88	0,85	0,88	0,88	0,88	0,88
	17,5-30,0	0,71	0,71	0,53	0,65	0,88	0,88	0,88	0,88
LL+M	0-2,5	2,83	2,47	3,89	3,06	2,65	2,65	2,47	2,59
	2,5-5,0	2,65	1,41	2,30	2,12	2,56	1,94	1,77	2,09
	5,0-7,5	1,94	1,24	1,94	1,71	1,94	1,59	1,59	1,71
	7,5-12,5	1,59	1,24	1,41	1,41	1,41	1,24	1,24	1,30
	12,5-17,5	1,24	0,88	1,06	1,06	1,06	1,06	0,88	1,00
	17,5-30,0	1,06	0,88	0,88	0,94	0,71	0,71	0,88	0,77
A+V/M	0-2,5	1,77	1,77	1,77	1,77	2,65	1,77	1,77	2,06
	2,5-5,0	1,77	1,41	0,88	1,35	1,59	1,59	1,06	1,41
	5,0-7,5	1,24	1,24	0,88	1,12	1,59	1,59	0,71	1,30
	7,5-12,5	0,88	1,06	0,71	0,88	1,24	1,06	0,88	1,06
	12,5-17,5	0,88	0,71	0,71	0,77	1,06	0,88	0,71	0,88
	17,5-30,0	0,71	1,06	0,71	0,82	0,71	0,88	0,71	0,77
A+V/M+C	0-2,5	2,12	2,12	2,12	2,12	-	-	-	-
	2,5-5,0	1,41	1,41	1,24	1,35	-	-	-	-
	5,0-7,5	1,41	1,06	1,24	1,24	-	-	-	-
	7,5-12,5	1,06	1,06	1,06	1,06	-	-	-	-
	12,5-17,5	1,06	0,71	0,71	0,82	-	-	-	-
	17,5-30,0	0,88	0,71	0,71	0,77	-	-	-	-
G+M	0-2,5	2,39	2,12	2,47	2,33	-	-	-	-
	2,5-5,0	1,59	1,59	1,86	1,68	-	-	-	-
	5,0-7,5	0,71	1,41	1,59	1,24	-	-	-	-
	7,5-12,5	0,71	1,06	0,88	0,88	-	-	-	-
	12,5-17,5	0,71	0,88	0,71	0,77	-	-	-	-
	17,5-30,0	0,71	0,80	0,71	0,74	-	-	-	-
Pangola	0-2,5	2,03	2,03	1,68	1,91	-	-	-	-
	2,5-5,0	1,41	1,24	1,06	1,24	-	-	-	-
	5,0-7,5	1,06	1,24	0,88	1,06	-	-	-	-
	7,5-12,5	0,88	0,71	0,71	0,77	-	-	-	-
	12,5-17,5	0,88	0,71	0,71	0,77	-	-	-	-
	17,5-30,0	0,71	0,71	0,71	0,71	-	-	-	-

¹A=aveia, C=caupi, G=guandu, LL=lablabe, M=milho, P=pousio e V=vica.

APÊNDICE 23. Teores de C orgânico total do solo, g kg⁻¹, nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 2. EEA-UFRGS, 1990 (Bayer, 1992).

Preparo	Culturas	Dose de N kg ha ⁻¹	Profundidade e cm	Bloco			Média
				I	II	III	
PD ¹	A/M ²	0	0-2,5	13,9	17,8	13,9	15,2
			2,5-7,5	10,7	11,9	11,6	11,4
			7,5-17,5	8,2	10,2	8,8	9,1
		180	0-2,5	15,7	16,4	16,2	16,1
			2,5-7,5	11,1	12,9	12,6	12,2
			7,5-17,5	8,1	9,3	10,5	9,3
	A+V/M+C	0	0-2,5	18,2	22,4	19,2	19,9
			2,5-7,5	11,7	13,6	13,3	12,9
			7,5-17,5	8,4	9,1	9,5	9
		180	0-2,5	19,7	19,9	19,5	19,7
			2,5-7,5	12,7	13,6	13,5	13,3
			7,5-17,5	9,2	10,2	8,7	9,4
PC	A/M	0	0-2,5	10,9	11,2	10,5	10,9
			2,5-7,5	11,2	10,7	9,8	10,6
			7,5-17,5	12	11,7	9,9	11,2
		180	0-2,5	13,1	11,7	10,4	11,7
			2,5-7,5	11,5	11,7	11	11,4
			7,5-17,5	12,1	11,1	10,6	11,3
	A+V/M+C	0	0-2,5	12,2	12,3	11,3	11,9
			2,5-7,5	12,1	11,6	11,2	11,6
			7,5-17,5	9,5	9,2	8,6	9,1
		180	0-2,5	12,7	12,6	11	12,1
			2,5-7,5	12,5	11,8	10,8	11,7
			7,5-17,5	10,4	9,8	9,4	9,9

¹PD=plantio direto e PC=preparo convencional. ²A=aveia, C=caupi, M=milho e V=vica.

APÊNDICE 24. Teores de N total do solo, g kg⁻¹, nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 2. EEA-UFRGS, 1990 (Bayer, 1992).

Preparo	Culturas	Dose de N kg ha ⁻¹	Profundidad e cm	Bloco			Média
				I	II	III	
PD ¹	A/M ²	0	0-2,5	1,00	1,19	0,94	1,04
			2,5-7,5	0,82	0,87	0,81	0,83
			7,5-17,5	0,69	0,75	0,81	0,75
		180	0-2,5	1,18	1,11	1,16	1,15
			2,5-7,5	0,83	0,88	0,92	0,88
			7,5-17,5	0,70	0,88	0,79	0,79
	A+V/M+C	0	0-2,5	1,45	1,66	1,42	1,51
			2,5-7,5	0,95	0,99	0,97	0,97
			7,5-17,5	0,86	0,87	0,80	0,84
		180	0-2,5	1,45	1,40	1,44	1,43
			2,5-7,5	1,00	1,04	0,96	1,00
			7,5-17,5	0,88	0,89	0,81	0,86
PC	A/M	0	0-2,5	0,84	0,81	0,80	0,82
			2,5-7,5	0,78	0,81	0,74	0,78
			7,5-17,5	0,84	0,81	0,73	0,79
		180	0-2,5	0,87	0,80	0,76	0,81
			2,5-7,5	0,83	0,86	0,82	0,84
			7,5-17,5	0,79	0,80	0,80	0,80
	A+V/M+C	0	0-2,5	0,88	0,89	0,81	0,86
			2,5-7,5	0,86	0,84	0,81	0,84
			7,5-17,5	0,81	0,79	0,78	0,79
		180	0-2,5	0,93	0,92	0,94	0,93
			2,5-7,5	0,93	0,91	0,81	0,88
			7,5-17,5	0,85	0,84	0,82	0,84

¹PD=plantio direto e PC=preparo convencional. ²A=aveia, C=caupi, M=milho e V=vica.

APÊNDICE 25. Teores de C orgânico total do solo, g cm^{-3} , nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 2. EEA-UFRGS, 1994 (Bayer, 1996).

Preparo	Cultura	Profundidade cm	Bloco			Média
			I	II	III	
			-----g cm ⁻³ -----			
PD ¹	A/M ¹	0-2,5	22,5	22	25	23,17
		2,5-5,0	19	17,5	20,2	18,90
		5,0-7,5	15,7	15,4	17,3	16,13
		7,5-12,5	14,9	15,8	15,8	15,50
		12,5-17,5	14,3	14,3	15,1	14,57
		17,5-30,0	14,4	15,4	17,3	15,70
	A+V/M+C	0-2,5	36,4	34,8	35,9	35,70
		2,5-5,0	26	28,8	24,1	26,30
		5,0-7,5	19,3	21,8	19,6	20,23
		7,5-12,5	17,9	19,2	18,5	18,53
		12,5-17,5	15,8	16,7	16,3	16,27
		17,5-30,0	14,4	15,1	14,8	14,77
PC	A/M	0-2,5	16,7	16,9	15,6	16,40
		2,5-5,0	15,9	15,6	14,8	15,43
		5,0-7,5	15,7	16,9	14,2	15,60
		7,5-12,5	14,6	15,4	13,5	14,50
		12,5-17,5	15,1	15,4	14,6	15,03
		17,5-30,0	14,4	14,4	14,4	14,40
	A+V/M+C	0-2,5	17,5	20,7	16,6	18,27
		2,5-5,0	20,2	18	17,8	18,67
		5,0-7,5	18,3	17,2	16,1	17,20
		7,5-12,5	18,2	19,1	14,9	17,40
		12,5-17,5	17,4	16,2	15,4	16,33
		17,5-30,0	16,3	16,1	15	15,80

¹PD=plantio direto e PC=preparo convencional. ²A=aveia, C=caupi, M=milho e V=vica.

APÊNDICE 26. Teores de N total do solo, g cm⁻³, nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 2. EEA-UFRGS, 1994 (Bayer, 1996).

Preparo	Cultura	Profundidade cm	Bloco			Média
			I	II	III	
			-----g cm ⁻³ -----			
PD ¹	A/M ¹	0-2,5	2,09	1,48	1,37	1,65
		2,5-5,0	1,62	1,34	1,79	1,59
		5,0-7,5	1,4	1,06	1,42	1,29
		7,5-12,5	1,43	1,13	1,43	1,33
		12,5-17,5	1,43	1,01	1,43	1,29
		17,5-30,0	1,21	1,01	1,06	1,09
	A+V/M+C	0-2,5	2,96	2,8	3,1	2,95
		2,5-5,0	2,41	2,29	2,24	2,31
		5,0-7,5	1,74	1,79	1,76	1,76
		7,5-12,5	1,64	1,49	1,61	1,58
		12,5-17,5	1,61	1,25	1,43	1,43
		17,5-30,0	1,32	0,92	1,12	1,12
PC	A/M	0-2,5	1,5	1,17	1,22	1,30
		2,5-5,0	1,45	1,04	1,31	1,27
		5,0-7,5	1,39	1,09	1,31	1,26
		7,5-12,5	1,59	1,18	1,26	1,34
		12,5-17,5	1,48	1,02	1,4	1,30
		17,5-30,0	1,34	0,92	1,32	1,19
	A+V/M+C	0-2,5	1,46	1,38	1,55	1,46
		2,5-5,0	1,78	1,31	1,53	1,54
		5,0-7,5	1,72	1,2	1,47	1,46
		7,5-12,5	1,7	1,44	1,35	1,50
		12,5-17,5	1,48	1,21	1,24	1,31
		17,5-30,0	1,6	1,32	1,26	1,39

¹PD=plantio direto e PC=preparo convencional. ²A=aveia, C=caupi, M=milho e V=vica.

APÊNDICE 27. Teores de C orgânico total do solo, g kg⁻¹, nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 2. EEA-UFRGS, 1998 (Lovato, 2001).

Preparos	Culturas	Dose de N kg ha ⁻¹	Profundidade cm	Bloco			Média
				I	II	III	
PD	A/M	0	0 - 2,5	17,30	19,50	15,50	17,43
			2,5 - 5,0	13,80	12,60	11,20	12,53
			5,0 - 7,5	10,80	11,60	9,80	10,73
			7,5 - 12,5	10,50	11,00	9,50	10,33
			12,5 - 17,5	10,00	9,80	8,80	9,53
			17,5 - 30,0	9,00	9,50	9,80	9,43
		180	0 - 2,5	19,90	19,20	20,50	19,87
			2,5 - 5,0	13,20	14,30	20,40	15,97
			5,0 - 7,5	11,00	10,10	11,70	10,93
			7,5 - 12,5	9,30	10,40	9,80	9,83
			12,5 - 17,5	8,20	10,80	10,50	9,83
			17,5 - 30,0	8,20	11,30	10,10	9,87
	A+V/M+C	0	0 - 2,5	22,50	24,80	19,60	22,30
			2,5 - 5,0	16,80	16,80	15,80	16,47
			5,0 - 7,5	13,70	11,90	12,60	12,73
			7,5 - 12,5	11,30	10,30	10,50	10,70
			12,5 - 17,5	10,20	10,00	10,50	10,23
			17,5 - 30,0	9,40	9,40	9,50	9,43
		180	0 - 2,5	23,10	27,10	27,00	25,73
			2,5 - 5,0	17,60	17,80	18,60	18,00
			5,0 - 7,5	13,50	13,20	14,70	13,80
			7,5 - 12,5	11,40	10,40	10,00	10,60
			12,5 - 17,5	9,80	9,90	9,60	9,77
			17,5 - 30,0	9,40	10,20	9,20	9,60
PC	A/M	0	0 - 2,5	12,00	11,20	12,60	11,93
			2,5 - 5,0	9,80	10,10	8,20	9,37
			5,0 - 7,5	10,50	10,50	8,10	9,70
			7,5 - 12,5	9,60	8,60	9,90	9,37
			12,5 - 17,5	9,40	10,30	8,40	9,37
			17,5 - 30,0	10,00	9,40	8,90	9,43
		180	0 - 2,5	14,50	14,00	14,40	14,30
			2,5 - 5,0	12,20	12,60	11,70	12,17
			5,0 - 7,5	10,40	10,80	9,70	10,30
			7,5 - 12,5	10,70	11,20	10,30	10,73
			12,5 - 17,5	11,20	10,80	9,30	10,43
			17,5 - 30,0	9,60	11,60	11,00	10,73
	A+V/M+C	0	0 - 2,5	14,70	16,80	13,70	15,07
			2,5 - 5,0	13,70	11,50	12,00	12,40
			5,0 - 7,5	12,60	9,80	11,30	11,23
			7,5 - 12,5	11,50	9,20	11,30	10,67
			12,5 - 17,5	9,90	9,00	11,20	10,03
			17,5 - 30,0	9,70	9,60	9,40	9,57
		180	0 - 2,5	17,60	15,80	13,40	15,60
			2,5 - 5,0	14,50	12,70	11,20	12,80
			5,0 - 7,5	12,80	13,00	11,40	12,40
			7,5 - 12,5	11,70	11,20	10,80	11,23
			12,5 - 17,5	10,50	10,70	10,30	10,50
			17,5 - 30,0	9,90	9,90	9,10	9,63

APÊNDICE 28. Teores de N total do solo, g kg⁻¹, nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 2. EEA-UFRGS, 1998 (Lovato, 2001).

Preparos	Culturas	Dose de N kg ha ⁻¹	Profundidade cm	Bloco			Média
				I	II	III	
PD ¹	A/M ²	0	0 - 2,5	1,51	1,48	1,18	1,39
			2,5 - 5,0	1,13	1,03	0,91	1,02
			5,0 - 7,5	0,87	0,86	0,83	0,85
			7,5 - 12,5	0,77	0,90	0,72	0,80
			12,5 - 17,5	0,75	0,68	0,72	0,72
			17,5 - 30,0	0,76	0,71	0,79	0,75
		180	0 - 2,5	1,67	1,67	1,61	1,65
			2,5 - 5,0	1,47	1,22	1,29	1,33
			5,0 - 7,5	1,15	1,02	0,95	1,04
			7,5 - 12,5	0,90	0,90	0,81	0,87
			12,5 - 17,5	0,90	0,90	0,77	0,86
			17,5 - 30,0	0,74	0,88	0,77	0,80
	A+V/M+C	0	0 - 2,5	2,00	2,15	1,75	1,97
			2,5 - 5,0	1,43	1,49	1,40	1,44
			5,0 - 7,5	1,18	1,17	1,11	1,15
			7,5 - 12,5	0,91	0,92	0,91	0,91
			12,5 - 17,5	0,84	0,80	0,90	0,85
			17,5 - 30,0	0,68	0,81	0,79	0,76
		180	0 - 2,5	1,90	2,32	2,41	2,21
			2,5 - 5,0	1,76	1,65	1,86	1,76
			5,0 - 7,5	1,39	1,27	1,37	1,34
			7,5 - 12,5	1,08	1,05	0,91	1,01
			12,5 - 17,5	0,98	0,92	0,91	0,94
			17,5 - 30,0	0,92	0,94	0,84	0,90
PC	A/M	0	0 - 2,5	0,92	0,99	0,87	0,93
			2,5 - 5,0	0,88	0,92	0,88	0,89
			5,0 - 7,5	0,90	0,80	0,76	0,82
			7,5 - 12,5	0,86	0,81	0,77	0,81
			12,5 - 17,5	0,76	0,80	0,75	0,77
			17,5 - 30,0	0,76	0,62	0,69	0,69
		180	0 - 2,5	1,06	1,05	1,04	1,05
			2,5 - 5,0	1,02	1,04	0,95	1,00
			5,0 - 7,5	1,02	0,95	0,94	0,97
			7,5 - 12,5	0,99	0,94	0,99	0,97
			12,5 - 17,5	0,99	1,05	0,94	0,99
			17,5 - 30,0	0,80	0,84	0,84	0,83
	A+V/M+C	0	0 - 2,5	1,14	1,32	1,16	1,21
			2,5 - 5,0	1,13	1,11	1,05	1,10
			5,0 - 7,5	1,07	0,98	1,03	1,03
			7,5 - 12,5	1,11	0,93	1,07	1,04
			12,5 - 17,5	0,97	0,89	0,99	0,95
			17,5 - 30,0	0,77	0,82	0,88	0,82
		180	0 - 2,5	1,39	1,34	1,34	1,36
			2,5 - 5,0	1,26	1,15	1,08	1,16
			5,0 - 7,5	1,36	1,15	1,09	1,20
			7,5 - 12,5	1,19	1,19	1,05	1,14
			12,5 - 17,5	1,01	0,98	1,02	1,00
			17,5 - 30,0	0,84	0,84	0,83	0,84

¹PD=plantio direto e PC=preparo convencional. ²A=aveia, C=caupi, M=milho e V=vica.

APÊNDICE 29. Teores de C orgânico total do solo, g kg⁻¹, nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 2. EEA-UFRGS, 2003 (Zanatta, 2006).

Preparo	Culturas	Dose de N kg ha ⁻¹	Profundidade cm	Bloco			Média
				I	II	III	
				-----g kg ⁻¹ -----			
PD ¹	A/M ²	0	0 - 2,5	14,94	16,23	18,17	16,45
			2,5 - 5,0	10,17	12,14	12,42	11,58
			5,0 - 10,0	8,72	9,14	8,61	8,82
			10,0 - 20, 0	8,5	8,3	8,5	8,43
	180	0 - 2,5	19,44	19,75	20,48	19,89	
			2,5 - 5,0	15,85	13,3	13,69	14,28
			5,0 - 10,0	9,41	9,42	9,95	9,59
			10,0 - 20, 0	7,88	8,46	8,1	8,15
	A+V/M+C	0	0 - 2,5	21,3	22,41	22,79	22,17
			2,5 - 5,0	14,33	15,74	17,59	15,89
			5,0 - 10,0	9,58	10,65	11,79	10,67
			10,0 - 20, 0	8,27	8,71	10,17	9,05
180		0 - 2,5	19,7	28,5	24,7	24,30	
		2,5 - 5,0	14,28	18,45	17,46	16,73	
		5,0 - 10,0	10,25	12,3	12,51	11,69	
		10,0 - 20, 0	9,19	8,81	9,48	9,16	
PC	A/M	0	0 - 2,5	9,72	10,02	9,1	9,61
			2,5 - 5,0	9,09	8,3	8,32	8,57
			5,0 - 10,0	9,01	8,55	8,89	8,82
			10,0 - 20, 0	8,68	9	8,16	8,61
		180	0 - 2,5	9,38	10,53	10,75	10,22
			2,5 - 5,0	9,25	10,31	9,58	9,71
			5,0 - 10,0	8,95	9,69	8,94	9,19
			10,0 - 20, 0	8,98	9,35	9,71	9,35
	A+V/M+C	0	0 - 2,5	12,83	13,11	9,76	11,90
			2,5 - 5,0	10,86	11,22	9,94	10,67
			5,0 - 10,0	11,47	10,54	9,61	10,54
			10,0 - 20, 0	10,94	9,55	9,09	9,86
		180	0 - 2,5	13,02	12,48	12,91	12,80
			2,5 - 5,0	11,63	11,53	10,82	11,33
			5,0 - 10,0	10,5	10,77	10,13	10,47
			10,0 - 20, 0	9,85	10,78	9,88	10,17

¹PD=plantio direto e PC=preparo convencional. ²A=aveia, C=caupi, M=milho e V=vica.

APÊNDICE 30. Teores de N total do solo, g kg⁻¹, nos blocos 1, 2 e 3 e na média no Experimento 2. EEA-UFRGS, 2003 (Zanatta, 2006).

Preparo	Culturas	Dose de N kg ha ⁻¹	Profundidade cm	Bloco			Média
				I	II	III	
				-----g kg ⁻¹ -----			
PD ¹	A/M ²	0	0 - 2,5	1,27	1,55	1,7	1,51
			2,5 - 5,0	1,02	1,21	1,19	1,14
			5,0 - 10,0	0,79	0,86	0,78	0,81
			10,0 - 20, 0	0,73	0,69	0,73	0,72
	180	0 - 2,5	1,68	1,78	1,83	1,76	
			2,5 - 5,0	1,63	1,71	1,39	1,58
			5,0 - 10,0	0,88	0,89	0,9	0,89
			10,0 - 20, 0	0,7	0,74	0,69	0,71
	A+V/M+C	0	0 - 2,5	2,16	1,94	2,18	2,09
			2,5 - 5,0	1,48	1,5	1,7	1,56
			5,0 - 10,0	1,04	1,03	1,2	1,09
			10,0 - 20, 0	0,75	0,75	0,86	0,79
180		0 - 2,5	2,19	2,67	2,4	2,42	
		2,5 - 5,0	1,62	1,82	1,73	1,72	
		5,0 - 10,0	1,22	1,25	1,27	1,25	
		10,0 - 20, 0	0,85	0,8	0,86	0,84	
PC	A/M	0	0 - 2,5	0,66	0,64	0,72	0,67
			2,5 - 5,0	0,9	0,96	0,84	0,90
			5,0 - 10,0	0,88	0,88	0,76	0,84
			10,0 - 20, 0	0,86	0,58	0,72	0,72
	180	0 - 2,5	0,9	1,06	0,96	0,97	
			2,5 - 5,0	0,88	0,99	0,86	0,91
			5,0 - 10,0	0,88	0,96	0,98	0,94
			10,0 - 20, 0	0,78	0,8	0,97	0,85
	A+V/M+C	0	0 - 2,5	0,98	1,3	1,05	1,11
			2,5 - 5,0	1	0,99	0,92	0,97
			5,0 - 10,0	1,03	0,98	1,02	1,01
			10,0 - 20, 0	1,01	0,89	0,87	0,92
180		0 - 2,5	1,29	1,19	1,19	1,22	
			2,5 - 5,0	1,09	1,08	1,05	1,07
			5,0 - 10,0	1,18	1,08	1,07	1,11
			10,0 - 20, 0	1,02	0,99	0,95	0,99

¹PD=plantio direto e PC=preparo convencional. ²A=aveia, C=caupi, M=milho e V=vica.

APÊNDICE 31. Matéria seca da parte aérea das culturas de cobertura de inverno avaliadas nos tratamentos do Experimento 1 em 2008 e 2009.

Tratamentos	Dose de N kg ha ⁻¹	Bloco			Média
		I	II	III	
2008					
-----kg ha ⁻¹ -----					
A/M ¹	0	2458	3735	2929	3041
	180	3393	4827	3103	3774
A+V/M	0	4676	5473	3902	4684
	180	3615	5101	4076	4264
A+V/M+C	0	5744	5135	4558	5146
	180	5640	6269	6477	6128
2009					
-----kg ha ⁻¹ -----					
A/M	0	1944	2304	3417	2560
A+V/M	0	6527	5676	4034	5420
A+V/M+C	0	4491	5643	5314	5150

¹A=aveia, C=caupi, M=milho e V=vica.

APÊNDICE 32. Matéria seca da parte aérea das culturas guandu e lablabe avaliadas em 2008.

Culturas	Repetição	Folhas caídas	Ramos+folhas	Total	Média
Lablabe	I	1858	7080	8939	8939
Guandu	I	4350	8370	12720	11931
	II	4350	5704	10054	
	III	4350	8667	13017	

APÊNDICE 33. Matéria seca da parte aérea das culturas guandu e lablabe avaliadas em 2009.

Culturas	Repetição	Folhas caídas	Folhas	Ramos	Total	Média
Lablabe	I	6350	2510	2380	1123	1266
	II	5680	3520	3610	1281	
	III	5850	3380	4700	1393	
		Folhas caídas	Folhas+ramos jovens	Ramos velhos	Total	Média
-----kg ha ⁻¹ -----						
Guandu	I	4100	8720	3064	4346	4581
	II	5060	8000	2733	4039	
	III	6580	1140	3559	5357	

APÊNDICE 34. Rendimento de grãos de milho (12,5% H₂O) em um ARGISSOLO VERMELHO distrófico, sob 5 sistemas de culturas e duas doses de nitrogênio no Experimento 1 conduzido há 27 anos. EEA-UFRGS, 2010.

Culturas		A/M		A+V/M+C		LL+M		A+V/M		G+M	
N kg/ha		0	180	0	180	0	180	0	180	0	180
Safra	ano	-----Mg ha ⁻¹ -----									
1983/84	1 ^o										
1984/85	2 ^o	2,44	4,69	3,75	3,80	2,82	3,25	5,32	5,49		
1985/86	3 ^o	2,32	3,38	1,84	2,36	1,78	2,26	2,55	2,50	2,96	3,10
1986/87	4 ^o	1,54	5,88	3,25	6,44	2,66	5,48	2,82	7,00	3,63	6,62
1987/88	5 ^o	1,91	4,75	3,00	5,51	3,58	5,21	2,65	5,41	4,78	6,33
1988/89	6 ^o	1,80	6,65	4,65	6,90	5,95	6,86	4,11	7,47	6,20	6,88
1989/90	7 ^o	2,39	5,62	3,41	5,51	3,91	4,98	2,43	5,49	3,67	4,98
1990/91	8 ^o	2,66	6,01	3,47	5,27	3,24	4,81	2,81	6,00	3,36	5,78
1991/92	9 ^o	2,67	6,93	3,82	6,97	5,32	6,48	4,22	7,53	4,61	6,89
1992/93	10 ^o	2,55	6,00	4,25	6,14	4,57	5,76	3,48	5,91	1,50	3,82
1993/94	11 ^o	2,36	7,63	6,36	8,25	6,56	7,23	5,82	7,94	6,15	7,94
1994/95	12 ^o	1,85	6,31	3,29	6,20	3,29	6,20	2,72	6,31		
1995/96	13 ^o	2,47	8,62	4,19	9,03	5,57	8,19	3,51	7,88	5,10	8,43
1996/97	14 ^o	1,83	7,98	3,04	7,39	2,85	7,03	2,31	6,22	5,00	7,75
1997/98	15 ^o	5,25	10,06	6,81	9,67	5,83	10,26	6,15	9,64	6,77	9,63
1998/99	16 ^o	2,88	10,90	7,72	10,06	5,96	9,80	6,15	10,04		
1999/00	17 ^o	1,67	7,56	5,73	7,60			5,04	7,26		
2000/01	18 ^o	2,63	9,75	4,14	9,44	6,59	9,74	3,18	8,62	7,82	9,07
2001/02	19 ^o	4,08	8,88	6,06	9,45	3,91	6,00	4,61	7,43	4,41	7,91
2002/03	20 ^o	2,07	7,55	4,02	7,57	3,63	8,65	2,90	7,49	4,36	7,54
2003/04	21 ^o	3,29	8,91	3,82	8,68	4,31	10,87	3,31	7,29	1,91	2,41
2004/05	22 ^o	2,33	5,11	5,39	6,62			4,22	4,33		
2005/06	23 ^o	4,09	9,00	4,20	8,15	8,27	9,33	4,72	7,86	9,05	8,69
2006/07	24 ^o	3,83	9,24	4,82	7,65	6,03	9,26	4,62	11,00	7,73	10,32
2007/08	25 ^o	2,18	9,90	6,42	9,21	9,32	9,68	3,80	7,68	7,17	8,59
2008/09	26 ^o	1,61	8,33	6,36	10,25			3,75	6,815		